Ill.mo Sig. Prof. F. Vanzetti
in omaggio
G. Bruno

ESTRATTO
dall'
Archivio Italiano di Anatomia e di Embriologia
Vol. XXXI. - Fasc. 3.
FIRENZE — 1933.

Prof. Giovanni Bruno.

Sullo sviluppo, sulla costituzione e sul significato funzionale dell'aponeurosi plantare dell'uomo.

(Con 31 figure nel testo).

DITTA EDITRICE LUIGI NICCOLAI
FIRENZE
1933

Estratto dall'*Archivio di Anatomia*. – Vol. XXXI, Fasc. 3

Istituto di Anatomia Umana della R. Università di Sassari.

Sullo sviluppo, sulla costituzione e sul significato funzionale dell'aponeurosi plantare dell'uomo.

(Con 31 figure nel testo).

Prof. Giovanni Bruno.

SOMMARIO:

I. — INTRODUZIONE E CENNI BIBLIOGRAFICI.

Le ricerche che esporrò nelle pagine seguenti vennero eseguite con lo scopo di illustrare lo sviluppo dell'aponeurosi plantare e dei setti che si dipartono da essa, di stabilire quale ne è la costituzione più frequente nell'uomo adulto, di indagare quale è la parte che essa prende nell'assicurare alla volta del piede la forma e la stabilità.

Numerosi sono gli AA. che hanno descritta questa formazione anatomica e cenni sulla sua esistenza si ritrovano nelle opere dei più antichi Anatomisti, per quanto le loro descrizioni siano sommarie ed incomplete, ma relativamente poche, per quanto eccellenti, sono le Memorie dedicate particolarmente ad essa, concordi però i pareri dei varii osservatori sulla sua funzione che è quella di fungere da corda di trazione tesa tra i pilastri della volta del piede.

Tra le memorie dedicate allo studio della sua morfologia estese ed interessantissime sono, senza dubbio, quelle di LOTH, '07, '08, '14, con le quali l'A. ebbe di mira più specialmente di studiarne la costi-

tuzione nelle scimmie e nell'uomo delle varie razze e quelle di Henkel '13 con le quali l'A. ne illustrò particolari della costituzione poco noti o sommariamente descritti dagli AA. precedenti; ma le più antiche indicazioni sulla sua esistenza e sulla sua morfologia ci vengono fornite da Oribasio, 360 d. C., il quale riportando gli insegnamenti di Galeno, 168 d. C. (?), nel capitolo riguardante i muscoli della gamba che muovono le dita del piede (ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΝΗΜΗΝ ΝΥΩΝ, ΥΦ' ΩΝ ΠΟΥΣ ΟΔΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΔΑΚΤΥΛΟΙ ΚΙΝΟΥΝΤΑΙ), così si esprime:

«τῶν μὲν οὖν ὀπίσω τεταγμένων, οἱ τρεῖς μὲν εἰς τὸ τῆς πτέρνης ὀζοῦν τελευτῶσιν· οἱ τρεῖς δὲ τούς τε δφκτύλους κάμπτουσιν ὅλου τοῦ ποδός· ὁ δὲ ἕβδομος εἰς τένοντα τελευτήσας, ὑποφύεται τῷ ψιλῷ ἀσάρκῳ τοῦ ποδὸς, ἅπαντι πλατυνόμενος τῷ τῆς πτέρνης ὀστῷ, κάτωδεν πλατυνθείς· ἔπειτα δ', ὡς εἶπον, ὅλῳ τῷ ποδί. τούτου δ'ἡ χρεία, δυσπερίτρεπτόν τε, καὶ τεταμένον, καὶ σκληρὸν, ἔτι δὲ ψιλὸν τριχῶν, εὐαίοθητόν τε κατασκευάσαι τὸ καλούμενον πέλμα».

E traduce in latino Rasario (1735): «Ex iis (musculi tibiae) qui positi in posteriore parte sunt, tres in calcis os finiunt; tres alii totius pedis digites flectunt: septimus in tendinem desinens, sub nuda et carnis experte tota pedis parte in latitudinem expansus nascitur: et ossi calci inferne dilatatus, deinde, ut dixi, toti pedi substenitur. Hujus utilitas est, ut solidum ac tensum, et durum et pilis nudum, et facile sentiens pedis vestigium efficiat». Donde se ne deduce che per Galeno l'aponeurosi plantare non era altro che l'espansione di uno dei muscoli che sono situati nella regione posteriore della gamba: il plantare.

Per Vasalio invece, 1543, l'aponeurosi plantare non è un vero tendine, ma una membrana «.... ligamentum membranea substantia primo digitos moventio musculo obnatam, latique; tendinis vicem in plantam subeuntem» e ciò non soltanto nell'uomo, ma anche nella scimmia, dove «.... sub pede nullus tendo dilatescit, nam a calcis osse in membranam enasci audies lati tendinis naturam appotisitissime exprimentem».

Veslingius, 1666, seguendo gli insegnamenti di Galeno, la indica come un tendine espanso situato sotto la pianta del piede «tendo sub planta pedis a calcis expansus» e simile opinione sostennero in seguito Bartolino, 1677 e Verheyen, 1717.

Per Bartolino l'aponeurosi plantare è analoga all'aponeurosi palmare e rappresenta, dice chiaramente l'A., l'espansione termi-

nale del muscolo plantare, infatti dice: « ultimus (de musculis pedum) plantaris dicitur et respondet palmari in manu, gracilis est, inque tendinem longum degenerat, totamque plantam tegens exteriore femoris capite, sub poplite exoritur, et in quinque digitos inseritur, eundemque hic usum quem in manu habeat: quamquam collatio utriusque parum sit exacta »; e si riferisce inoltre alle osservazioni del precedente A. Una descrizione simile ne fa VERHEYEN il quale la descrive insieme col muscolo plantare. Il tendine di questo muscolo, secondo questo A., si porta sino alla pianta del piede e vi si espande sotto forma di un « velo membranaceo » similmente alla espansione terminale del muscolo palmare nel palmo della mano.

Opinione differente espresse invece PALFIN, 1726, il quale la considerò come una espansione del tendine di Achille. Dice questo A. che « l'aponévrose qui passe par la milieu de la plante du pied, et qui couvre les muscules qui la remplisse, n'est pas une production du plantaire, mais du tendon d'Achille qui la forme par l'épanuissement de ses fibres ».

ALBINO, 1784, ne fece una particolareggiata descrizione e la considerò suddivisa in tre porzioni, ma non fece menzione, similmente agli AA. precedenti, della disposizione dei fasci e dei setti che si dipartono dalla sua faccia profonda; allo stesso modo si comportò HILDEBRANDT, 1779, alcuni anni dopo.

MECKEL, 1816, la considerò come espansione tendinea della pianta del piede, MASLIEURAT-LAGÉMARD, 1840, che ne fece uno studio particolareggiato utile per le applicazioni medico-chirurgiche, la descrisse divisa in tre porzioni, originata dal calcagno ed estesa sino alla radice delle dita. KRAUSE, 1843, la indicò col nome di « fascia plantaris » e la considerò come il più forte fascio fibroso dell'arto inferiore, il quale risulta suddiviso in tre porzioni che si disperdono nella cute della pianta del piede e nei ligamenti delle articolazioni metatarso-falangee.

ENGEL, 1859, descrivendola, ne indicò i rapporti di continuità con l'aponeurosi dorsale; BAYLE, 1862, la descrisse pur esso suddivisa in tre porzioni, ma la considerò indipendente dai muscoli della gamba; GRAY, 1864, fece rilevare oltre alla speciale resistenza della porzione media di essa, le numerose fibre, dirette in senso trasversale, che vi stanno al disopra, le quali, oltre ad accrescerne

la resistenza, riuniscono le sue espansioni terminali e le connettono con la cute soprastante.

Differentemente dagli AA. precedenti Roux affermò che l'aponeurosi plantare riceve un fascio di rinforzo proveniente dal tendine di Achille. Secondo questo A., questo tendine, in corrispondenza del calcagno, si divide in due fasci di cui l'uno è anteriore e l'altro posteriore ; di questi due fasci il primo, che è più spesso, si inserisce alla faccia posteriore del calcagno, il secondo che è nastriforme, degenera presto in una tela fibrosa che si distende sulle parti molli e si perde sulla porzione media del piede.

Secondo Anger, 1869, questa tela fibrosa rimane separata dal derma cutaneo per mezzo di uno strato di lobuli di grasso e distinta dall'aponeurosi plantare, per quanto in rapporto con questa per mezzo di lacinie fibrose che stanno anche queste in mezzo a grasso : aponeurosi e tela fibrosa costituirebbero, secondo questo A., l'involucro di un cuscinetto elastico situato al disotto della pianta del piede.

Henle, 1871, vi considerò due porzioni, interna l'una, esterna l'altra, e vi descrisse fasci trasversali di rinforzo. Vi descrisse inoltre intimi rapporti con il ligamento calcaneo-cuboideo sottostante.

Tillaux, 1872, dopo una breve descrizione della sua costituzione ed un accenno alla sua suddivisione in tre porzioni, ne mette in rilievo il suo ufficio che è quello di «fungere da corda che sottende l'arco dello scheletro del piede».

Masse, 1873, nel suo atlante di Anatomia, la disegnò suddivisa in tre porzioni e rileva che ciascuna delle cinque linguette digitali in cui si divide anteriormente la porzione media, prende connessione con la cute, forma una guaina ai tendini flessori delle dita, prende rapporti con la guaina digitale e si fissa da ciascun lato dell'articolazione metatarso-falangea al ligamento plantare trasverso ed ai ligamenti glenoidei. E riguardo alla porzione esterna dice che essa si divide in tre linguette delle quali la prima si confonde con la linguetta della porzione media che va al piccolo dito, la seconda si attacca alla tuberosità posteriore del V° osso metatarsale e la terza, sottile, intermedia alle due precedenti, si perde sul muscolo abduttore del piccolo dito al quale forma una guaina.

Richet, 1873, il quale si attenne alla descrizione fattane da Maslieurat-Lagémard sopracitato, vi descrisse un fascio diretto trasversalmente situato al disopra della estremità anteriore della

porzione media e fascetti trasversali profondi situati al disotto di questo indipendenti da essa oltre a ponti che la riuniscono al derma cutaneo. Questo A. espresse la opinione che la porzione laterale, sino alla sua inserzione alla base del V° osso metatarsale, costituisca un ligamento fibroso teso tra questo osso ed il calcagno. Ne descrisse infine i setti che si dipartono dalla sua faccia profonda e le logge che essi limitano.

Dei fasci trasversali, intesi come fasci di rinforzo, fece cenno anche MORTARA, 1880, mentre HYRTL, 1888-89, ricorda soltanto brevemente che essa rappresenta una diretta continuazione della fascia della gamba.

RÜDINGER, 1891, a proposito della porzione laterale, espresse la stessa opinione di Richet, affermando che questa costituisce un ligamento fibroso calcaneo-metatarseo, e, similmente a questo A., vi descrisse fasci trasversali di rinforzo, mentre ANTONELLI, 1891, ne spiega l'ufficio meccanico che è quello di sostenere la vôlta del piede.

DEROQUE, 1894, il quale ne fece uno studio particolareggiato, la descrisse suddivisa in tre porzioni, delle quali la media e la laterale sarebbero le più robuste. La porzione media, secondo questo A., si origina al di dietro del processo mediale della tuberosità del calcagno per mezzo di un grosso cordone fibroso che, per una lunghezza di cm. 5,6, si presenta sotto forma di un cordone o di una corda ritorta la quale, ad un dato punto, si espande e, come se si svolgesse, si trasforma in una larga lamina triangolare che si estende sino alle radici delle dita.

Descrisse inoltre questo A., qualche fascetto trasversale disposto in modo da legare, come un ponte, le varie benderelle terminali dell'aponeurosi che si attaccano alle radici delle dita e, riguardo alla porzione esterna, la paragonò ad un nastro assai bianco, lucido e resistente, robusto sul margine posteriore esterno, sottile più in avanti, esteso dal processo laterale dalla tuberosità del calcagno alla tuberosità del V° osso metatarsale dove termina.

GEGENBAUR, 1899, paragonò l'aponeurosi plantare alla aponeurosi palmare e mise in rilievo la differenza morfologica che esiste tra quella dell'uomo e quella delle scimmie.

POIRIER, 1901, che ne fece una minuta descrizione, espresse l'opinione che fibre del tendine di Achille passino in essa; che è stata, da alcuni osservatori, rilevata la sua diretta continuazione

col tendine del muscolo plantare, rapporti interessanti, dice questo A., dal punto di vista del significato e della omologia di questo muscolo. Questo A. vi descrisse fasci obliqui sovrapposti, considerò, similmente a Richet ed a Rüdinger, come ligamento calcaneo-metatarseo la metà posteriore della sua porzione laterale e vi rilevò la presenza di un particolare fascio situato tra la porzione media e la porzione laterale, fascio diretto in avanti, sperdentesi nella zona laterale della porzione anteriore che è sottile e debole. Ne descrisse inoltre i setti che si dipartono dalla faccia profonda e le logge che questi limitano. Secondo Loth, 1907, 1908, 1914, al quale si debbono le più estese ricerche sulla morfologia dell'aponeurosi plantare delle proscimmie, delle scimmie e dell'uomo, l'aponeurosi plantare risulta costituita da due porzioni : tibiale l'una, fibulare l'altra ; la prima estesa dal calcagno alla base delle varie dita, la seconda estesa dal calcagno alla tuberosità del V° osso metatarsale od oltre, talvolta sino alla base delle ultime due dita. Dalle ricerche di questo A. risulta inoltre che l'aponeurosi plantare presenta parecchie variazioni sia individuali che di razza consistenti essenzialmente nella riduzione della estensione della porzione mediale (aponeurosi tibiale secondo questo A.) e più specialmente della porzione laterale (aponeurosi fibulare secondo questo A.) che può anche mancare. Considerata poi dal punto di vista filogenetico, dalle ricerche di Loth, 1908, risulta che essa appare come la espansione terminale del tendine del muscolo plantare, il quale nelle proscimmie, nelle Platirine e nelle Catarine oltrepassa il tuber calcanei, senza prendervi connessioni, e passa oltre nella pianta del piede e vi scompare nel sottocutaneo formandovi l'aponeurosi plantare. A cominciare però dai Lemuridi questa aponeurosi della regione metatarsale si divide in due nastri, il primo dei quali si porta verso il pollice, costituendo il fasciculus hallucis, ed il secondo, termina nella regione metatarso-falangea. Questo fasciculus hallucis successivamente si distacca dal resto dell'aponeurosi (Lemur) e talvolta scompare, mentre che la aponeurosi si sposta verso il lato fibulare (Cynocephalus). Nello stesso tempo il tendine del muscolo plantare si attacca al tuber calcanei stabilendo così l'indipendenza di questo tendine dalla aponeurosi stessa. Da questo momento in poi compare nella pianta del piede un intreccio di fibre (Cynocephalus) che presto diventa una vera e propria placca aponeurotica: l'aponeurosi tibiale (Macacus) la quale dapprima

raggiunge (Cercopithecus) quindi sorpassa (Cimpanzè, Uomo) in estensione e spessore la aponeurosi fibulare.

Le più alte specie di scimmie mostrano, secondo questo A., un aumento enorme della aponeurosi tibiale ed una riduzione dell'aponeurosi fibulare, ed è interessante rilevare, dice LOTH, la simiglianza della aponeurosi plantare del Cimpanzè con quella dell'uomo.

Nell'uomo, dalle numerose osservazioni di Loth, risulta che la variabilità dell'aponeurosi e sopratutto della porzione fibulare, il cui significato filogenetico è stato messo in evidenza da questo A., è assai grande ed in tal modo che questa: *a*) può essere assai robusta; *b*) può essere sottile, ma estesa in lunghezza; *c*) può essere breve e limitata di estensione; *d*) può mancare del tutto. Le variazioni di questa porzione fibulare determinano in gran parte le numerose variazioni della morfologia della aponeurosi plantare dell'uomo. Queste variazioni sono notevoli e caratteristiche delle varie razze e dei diversi gruppi etnici ed in tal modo, afferma Loth, da poter essere considerate come dati caratteristici per studii antropologici.

HENKEL, 1913, con accurate osservazioni, mise in evidenza più specialmente alcuni particolari del comportamento dell'aponeurosi nella metà anteriore della pianta del piede.

Riguardo alla morfologia ed ai rapporti dei setti con l'aponeurosi, con i muscoli e con lo scheletro del piede, nessun cenno si ritrova negli scritti degli antichi Anatomisti e brevi ed incompleti cenni si ritrovano nelle descrizioni degli AA. non recenti, soltanto nelle opere degli AA. moderni si trovano particolareggiate descrizioni: queste però differiscono tra di loro in molti punti, specialmente per quanto riguarda il setto laterale.

CHIARUGI, 1914, nel suo «Trattato di Anatomia», ricorda l'origine dell'aponeurosi plantare dal muscolo omonimo e ne indica il significato. Più recentemente BARCO, 1923, ha studiato la morfologia ed i rapporti dei setti che si dipartono dalla sua faccia profonda e limitano le tre logge della pianta del piede.

Riassumendo dunque, dallo studio della letteratura, risulta che negli scritti degli antichi Anatomisti sopravvisse per lungo tempo l'insegnamento galenico della continuità e della dipendenza dell'aponeurosi plantare con il muscolo omonimo, errore che traeva origine dalla osservazione di questa formazione anatomica nelle scimmie; che gli AA. moderni, pur essendo quasi tutti di accordo

nel considerarla come una formazione indipendente da qualsiasi muscolo, la descrivono in maniera diversa a causa del vario sviluppo delle sue parti costituenti, ma che unanime è poi il consenso sulla sua funzione meccanica. Risulta inoltre che scarsissime sono le conoscenze sulle modalità del suo sviluppo che si desumono soltanto dalle memorie dedicate allo studio dello sviluppo dei muscoli del piede, e che scarse e disparate sono le opinioni sulla morfologia e sulle inserzioni delle sue espansioni profonde, i setti fibrosi, che limitano le logge della regione plantare.

II. — Materiale e tecnica.

Il materiale di cui mi sono servito per le presenti ricerche è stato il seguente:

Feti da 100 a 110 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 14 a 16 mm. (n. 8).

Feti da 180 a 220 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 30 a 33 mm. (n. 10).

Feti da 275 a 280 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 39 a 40 mm. (n. 10).

Feti da 310 a 320 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede, in media, 44 mm. (n. 11).

Feti da 320 a 355 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede, in media, 55 mm. (n. 8).

Feti da 390 a 410 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 64 a 67 mm. (n. 12).

Feti da 470 a 480 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede, in media, 75 mm. (n. 7).

Feti a termine. Lunghezza del piede, in media, 80 mm. (n. 16).

Questo materiale fetale in parte venne sezionato dopo conservazione in formalina, in parte venne sezionato fresco. Le fotografie ed i disegni delle sezioni vennero eseguite immediatamente dopo la preparazione. Di individui adulti dei due sessi vennero sezionati 160 piedi, dei quali il maggior numero freschi, altri già conservati, ma per breve tempo, in formalina.

III. — Osservazioni.

A) *Sviluppo dell'aponeurosi plantare.*

1. Feti da 100 a 110 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 14 a 16 mm.

L'aponeurosi plantare, nelle preparazioni eseguite asportando l'adipe sottocutaneo della pianta del piede, appare, non come nei piedi degli individui più avanzati in età, dove possiede l' aspetto di un velo fibroso continuo, ma appare diversamente spessa nelle sue varie porzioni. Di queste la porzione media e la porzione laterale appaiono meglio individualizzate perchè più spesse, più lucenti, e limitate da solchi. La porzione media ha forma di un triangolo isoscele con la base situata anteriormente nella porzione più larga della pianta del piede, la porzione laterale è nastriforme, meno estesa della porzione media e si estende, sul margine laterale della pianta, sino alla porzione media di questa.

Dalle ricerche antropologiche di Loth, 1908, 1913, risulta che la porzione media, più spessa, è l'aponeurosi tibiale, omologa alla aponeurosi tibiale del cinocefalo, del macaco, del cercopiteco, tratto aponeurotico che nelle scimmie raggiunge il maggiore sviluppo nello scimpanzè, mentre manca nelle proscimmie e nelle scimmie inferiori, quali il galago, il lemuride, e talvolta anche nel cinocefalo stesso.

La porzione laterale corrisponde all'aponeurosi fibulare ed è omologa al tratto spesso dell'aponeurosi plantare delle scimmie che da quelle inferiori, alle superiori, cioè dal lemuride al cinocefalo, al macaco, al cercopiteco, allo scimpanzè, si riduce sempre più verso il lato esterno del piede.

La porzione media od aponeurosi tibiale, che trae origine dalla faccia inferiore della tuberosità del calcagno, in corrispondenza della zona metatarsale della pianta del piede, si suddivide in cinque nastri o linguette le quali si portano nello spessore del cuscinetto adiposo digito-plantare risolvendosi ripetutamente in lacinie secondarie. L'aponeurosi tibiale possiede il maggiore spessore nella metà posteriore e perciò appare bianca e splendente, nella metà anteriore è sottile e trasparente.

La porzione laterale od aponeurosi fibulare, trae origine, come la porzione precedente, dalla faccia inferiore della tuberosità del

calcagno ed appare perciò riunita con la porzione iniziale della precedente ; in avanti raggiunge la zona media del margine laterale della pianta e si sperde, poco dopo, nel delicatissimo velo aponeurotico che ricopre la porzione anteriore del muscolo abduttore del V° dito ed il flessore breve del medesimo (vedi fig. 1).

2. Feti da 180 a 220 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 32 a 34 mm.

L'aponeurosi plantare, tesa come un velo sulle masse muscolari della pianta del piede, appare suddivisa in due porzioni dal



Fig. 1. — Feto di 110 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si notino le linguette dell'aponeurosi tibiale che si portano nel cuscinetto digito-plantare. L'espansione mediale di questa aponeurosi è stata discontinuata nella dissezione.

solco che divide l'aponeurosi tibiale dalla aponeurosi fibulare. L'aponeurosi tibiale, come nei piedi dei feti precedentemente esaminati, si divide anteriormente in cinque nastri o linguette le quali si sperdono nell'adipe del cuscinetto digito-plantare. Le più profonde di queste raggiungono le capsule fibrose delle articolazioni metatarso-falangee, le più superficiali la cute del cuscinetto stesso. Queste ultime sono riunite tra di loro da sottili trabecole connettivali disposte in senso trasversale.

L'aponeurosi fibulare, nastriforme, alquanto più estesa che nei piedi precedentemente esaminati, sotto forma di un delicatissimo nastro, raggiunge anteriormente la zona sottometatarsale della pianta del piede che sta al disotto del V° dito (vedi fig. 2).

Le due aponeurosi tibiale e fibulare sono riunite alla cute da trabecole connettivali sottili e numerose, specialmente evidenti in corrispondenza della porzione calcaneare di esse.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso i cuneiformi e la base del V° metatarsale, si nota che l'aponeurosi plantare, in tutta la sua estensione, è ancora sottile e delicata, ma che possiede maggiore spessore nella porzione media, corrispondente all'aponeurosi tibiale e nella porzione laterale che corrisponde all'aponeurosi fibulare; che l'apparente solco laterale ha forma di un angolo diedro; che in corrispondenza di esso si unisce la fascia plantare profonda alla aponeurosi tibiale costituendo un setto fibroso nel quale sono situati i vasi plantari laterali; che il setto laterale sot-



Fig. 2. — Feto di 200 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si noti la presenza del solco laterale ed i nastri trasversali del cuscinetto digito-plantare.

tile, raggiunge e si attacca al pericondrio della base del V° osso metatarsale, mentre che il setto mediale, più spesso, si spinge sino alla faccia inferiore del I° osso cuneiforme sul cui pericondrio si sperde (vedi fig. 3).

Nelle sezioni trasversali del piede, condotte al didietro delle teste dei metatarsi, si nota che l'aponeurosi plantare, nell'insieme, è assai sottile, che ad essa sono connesse le guaine dei tendini dei muscoli flessori delle dita, che il setto mediale, che si diparte dal margine mediale dell'aponeurosi tibiale, si inserisce alla faccia inferiore del I° osso metatarsale, nel cui periostio si sperde, mentre che il setto laterale vi manca. In queste stesse sezioni si nota inoltre che la fascia plantare profonda trae origine medialmente dalla faccia laterale del corpo del I° osso metatarsale e lateralmente raggiunge il margine mediale dell'aponeurosi fibulare e che divide la

loggia media del piede occupata dai tendini dei muscoli flessori e dai lombricali dalla loggia più profonda occupata dai muscoli interossei (vedi fig. 4).

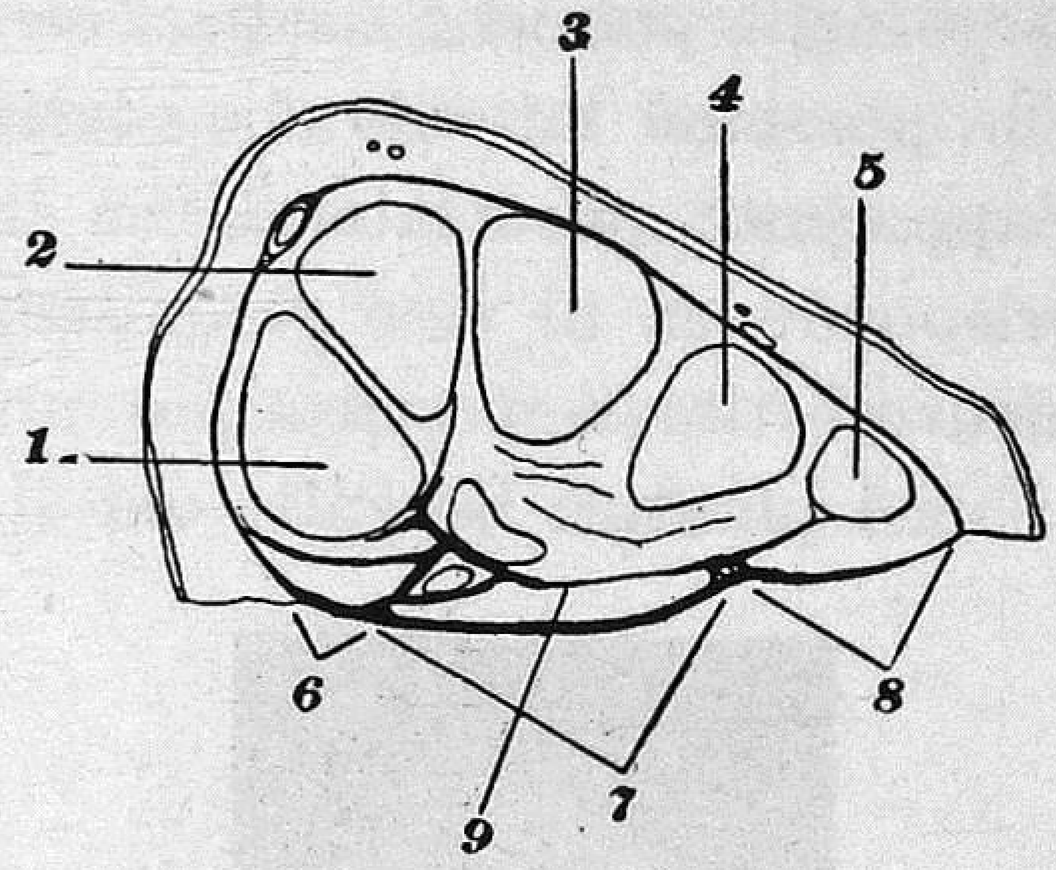


Fig. 3. — Feto di 200 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Cuneiforme I° ; 2. Cuneiforme II° ; 3. Cuneiforme III° ; 4. Cuboide ; 5. Osso metatarsale V° ; 6. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare ; 7. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 8. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 9. Fascia plantare profonda.

3. Feti da 275 a 280 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 39 a 40 mm.

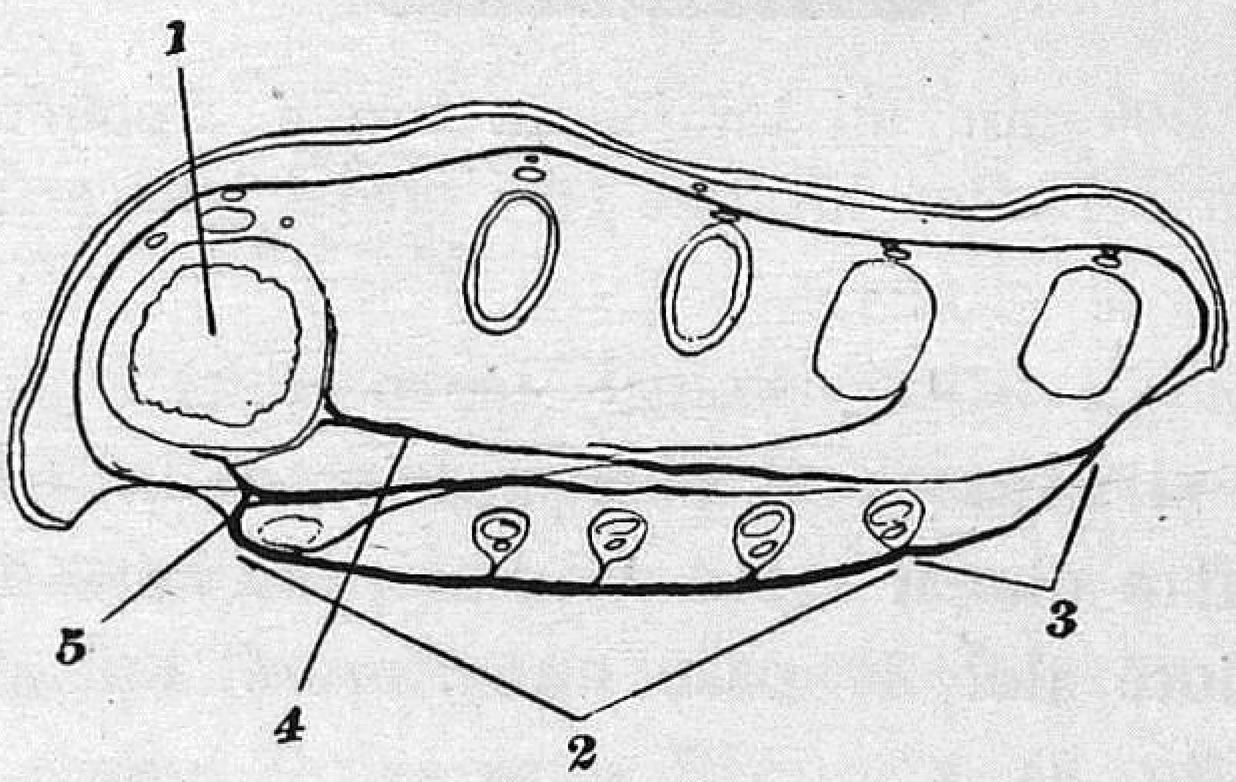


Fig. 4. — Feto di 200 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° ; 2. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 3. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 4. Fascia plantare profonda ; 5. Setto mediale dell'aponeurosi plantare.

Il solco che delimita la porzione tibiale dalla porzione fibulare dell' aponeurosi plantare è bene evidente, specialmente perchè contiene trabecole connettivali tese trasversalmente come ponti. L'aponeurosi tibiale, più spessa nella metà posteriore, nella sua

porzione anteriore, come nei piedi precedentemente esaminati, si divide in cinque nastri sottili diretti verso la base delle varie dita.

I fascetti connettivali secondarii nei quali questi nastri o linguette si dividono distalmente, raggiungono le capsule fibrose delle articolazioni metatarso-falangee e la cute del cuscinetto digito-plantare.

L'aponeurosi fibulare, spessa pur essa nella porzione posteriore, è sottile e simile ad un velo nella porzione affatto anteriore. I mu-

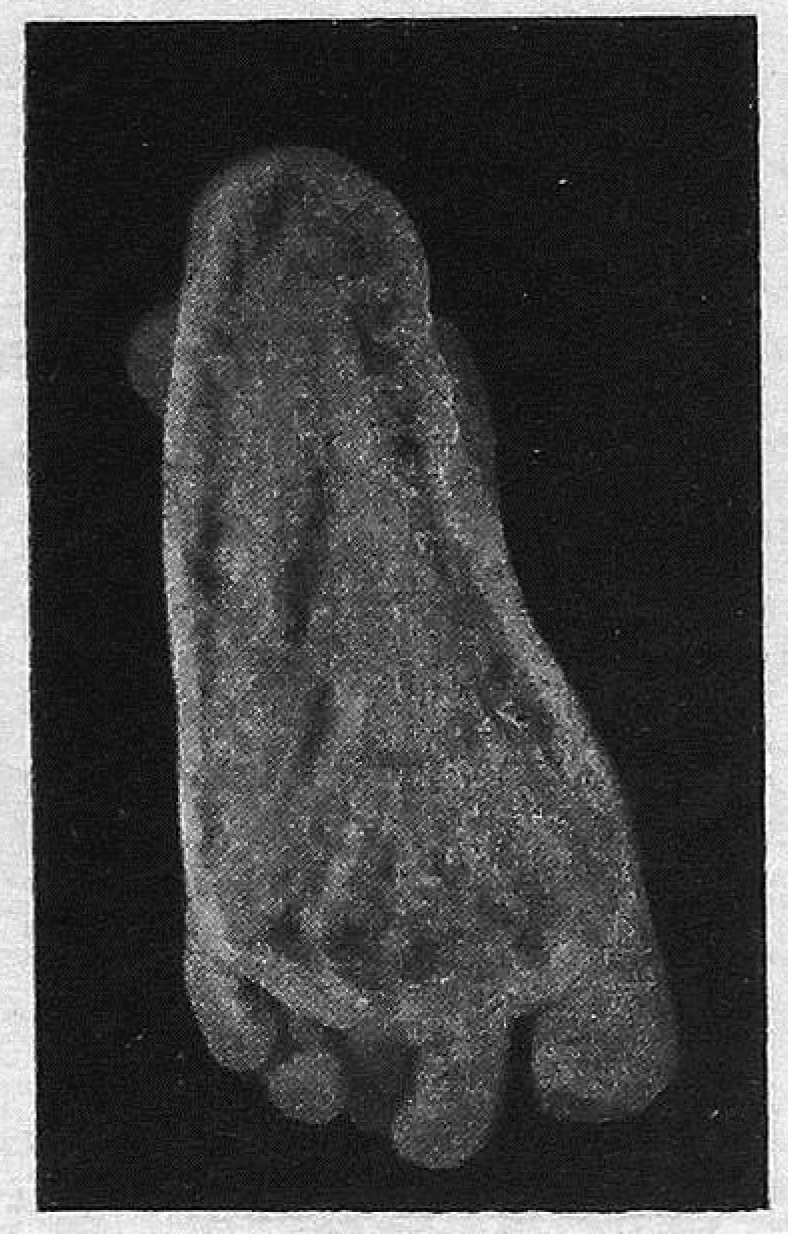


Fig. 5. — Feto di 280 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si notino, specialmente nella regione del calcagno, le trabecole connettivali che riuniscono l'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare alla cute soprastante. Le trabecole tese tra la faccia superficiale dell'aponeurosi tibiale e la cute della pianta sono state sezionate; anteriormente al didietro del solco digito-plantare, nel cuscinetto, si noti il fascio fibroso connettivale diretto in senso trasversale.

scoli che occupano il margine mediale del piede sono ricoperti da un velo aponeurotico sottile e trasparente il quale anteriormente si sperde nel tessuto adiposo della porzione mediale del cuscinetto che sta al disotto della testa del I° osso metatarsale (vedi fig. 5).

I fasci fibrosi diretti alla cute che si sollevano dalle aponeurosi tibiale e fibulare sono numerosi ed i più spessi sono situati nella metà posteriore delle singole aponeurosi. Lungo i margini del piede però e più specialmente intorno alla regione calcaneare, esistono spesse e lunghe trabecole che dai margini delle due aponeurosi si

sperdono nella cute soprastante. Alcune di queste trabecole appaiono nettamente come espansioni laterali aponeurotiche.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso la scafoide ed il cuboide, si nota che l'aponeurosi plantare, considerata in tutta la sua estensione, forma una doccia la quale medialmente e lateralmente, in corrispondenza dei margini della pianta, si continua con la fascia aponeurotica dorsale del piede.

Considerata la sua faccia profonda si nota che da essa si sollevano due setti, mediale l'uno, laterale l'altro, di differente spes-

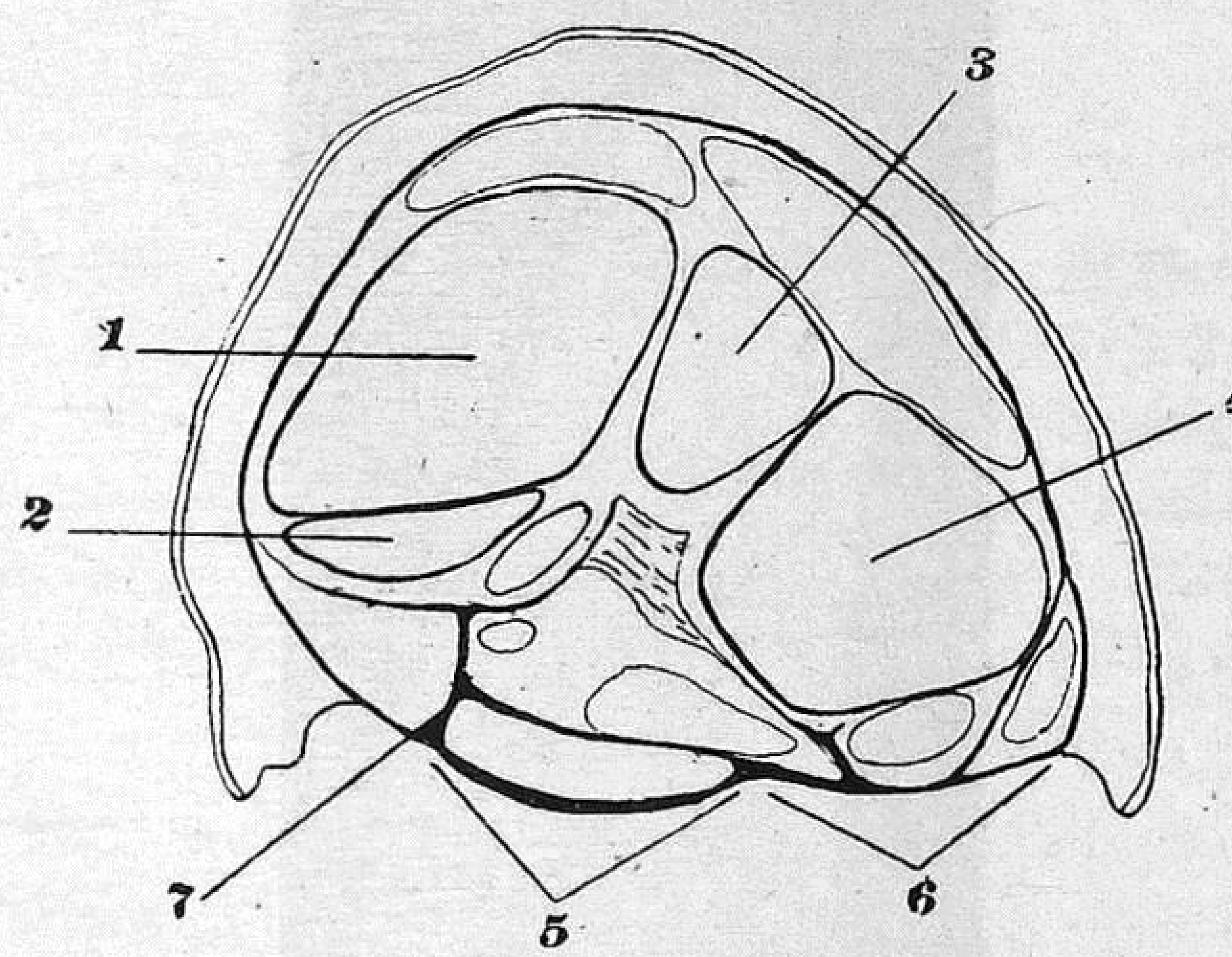


Fig. 6. — Feto 280 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Scafoide ; 2. Cuneiforme I° ; 3. Cuneiforme III° ; 4. Cuboide ; 5. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 6. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 7. Setto mediale.

sore ed estensione, diretti il primo verso la faccia inferiore del I° cuneiforme, nel cui pericondrio si esaurisce, diretto il secondo verso la faccia inferiore del cuboide dove si attacca. Si nota inoltre che la fascia plantare profonda divide la loggia fibrosa occupata dal muscolo quadrato della pianta dalla loggia fibrosa occupata dal muscolo flessore breve delle dita, che è situata più superficialmente e limitata, in basso, dall'aponeurosi tibiale.

La fascia plantare profonda, la quale medialmente trae origine dal setto mediale e lateralmente raggiunge il margine laterale dell'aponeurosi tibiale, rimane medialmente al setto laterale ; essa divide la loggia occupata dal muscolo quadrato della pianta, situata più profondamente, dalla loggia occupata dal muscolo flessore breve delle dita situata più superficialmente (vedi fig. 6).

Nelle sezioni trasversali dei medesimi piedi condotte al didietro delle teste delle ossa metatarsali si nota che l'aponeurosi plantare è uniformemente sottile, che ad essa, come nei piedi precedentemente esaminati, sono connesse le guaine dei tendini dei muscoli flessori, che il setto mediale si spinge sino alla faccia inferiore del I° osso metatarsale e che il setto laterale, assai più breve, si connette con la faccia inferiore, del V°.

In queste stesse sezioni si nota inoltre che la fascia plantare profonda, sottilissima, si estende dalla faccia laterale del corpo del I° osso metatarsale al setto laterale.

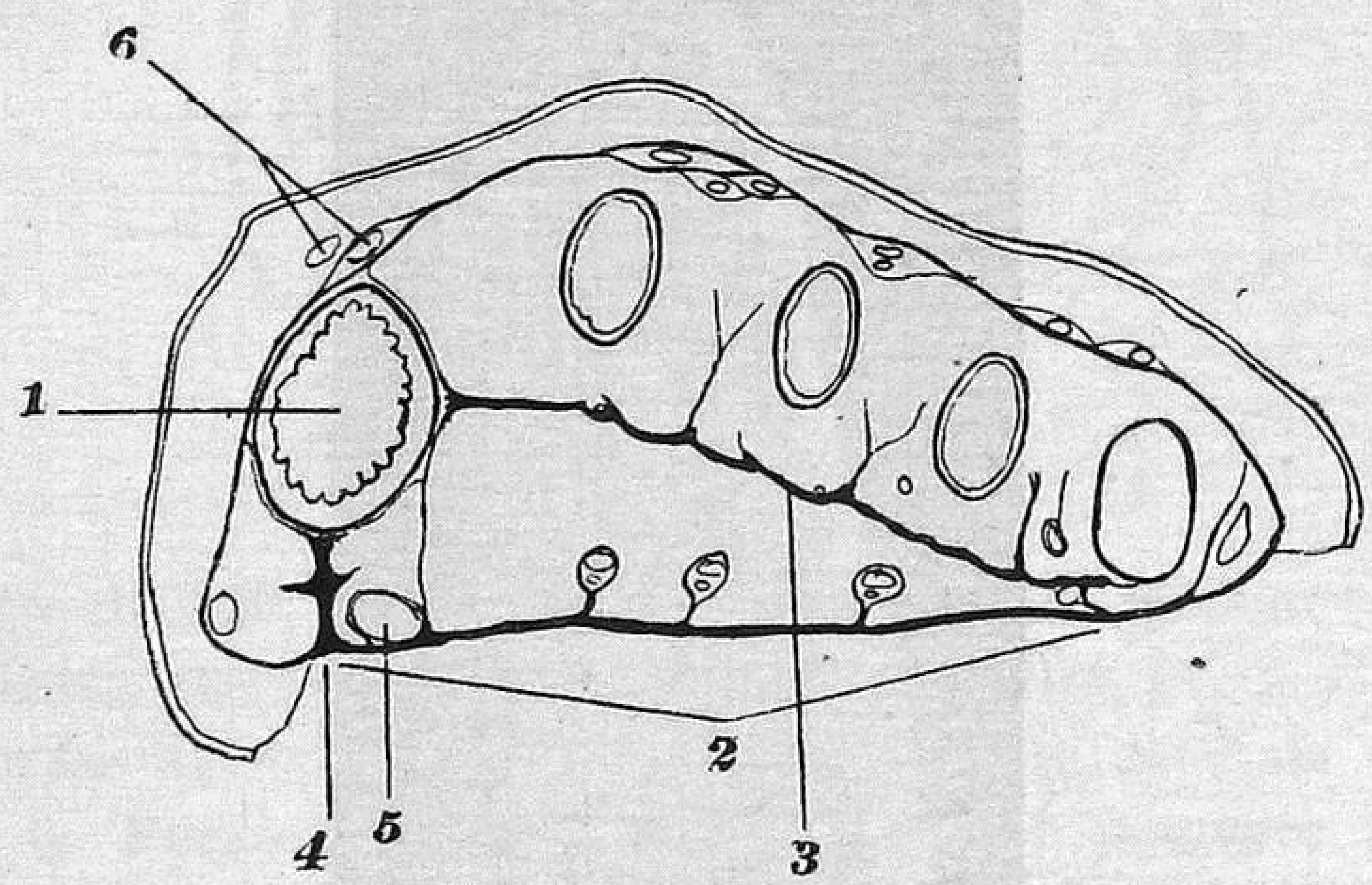


Fig. 7. — Feto di 280 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° ; 2. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 3. Fascia plantare profonda ; 4. Setto mediale ; 5. Tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce ; 6. Tendini dei muscoli estensori breve e lungo dell'alluce.

4. Feti da 310 a 320 mm. di lunghezza totale. Lunghezza media del piede 44 mm.

L'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare dell'aponeurosi plantare divengono sempre meglio limitate perchè i solchi che decorrono sulla superficie aponeurotica, sono meglio marcati.

L'aponeurosi tibiale, come nei piedi precedentemente esaminati, è relativamente più spessa del testo dell'aponeurosi plantare ed appare bianca, lucente, costituita da fibre justaposte ; anteriormente si divide in tanti nastri o linguette per quante sono le dita del piede.

Nel solco laterale, che divide l'aponeurosi tibiale dall' aponeurosi fibulare, le delicate trabecole fibrose di varïo spessore,

gettate come ponti sono numerose. Il solco mediale è meno marcato e più breve del solco laterale.

Dal margine laterale dell'aponeurosi tibiale, in corrispondenza della zona media della pianta del piede, si staccano delicati nastri fibrosi i quali si proiettano sulla porzione anteriore dell'aponeurosi fibulare. L'aponeurosi fibulare si estende oltre la tuberosità del V° osso metatarsale ove si divide in due esili nastri divergenti. I fasci fibrosi cutanei plantari e marginali sono più robusti che nei piedi precedentemente esaminati (vedi fig. 8).

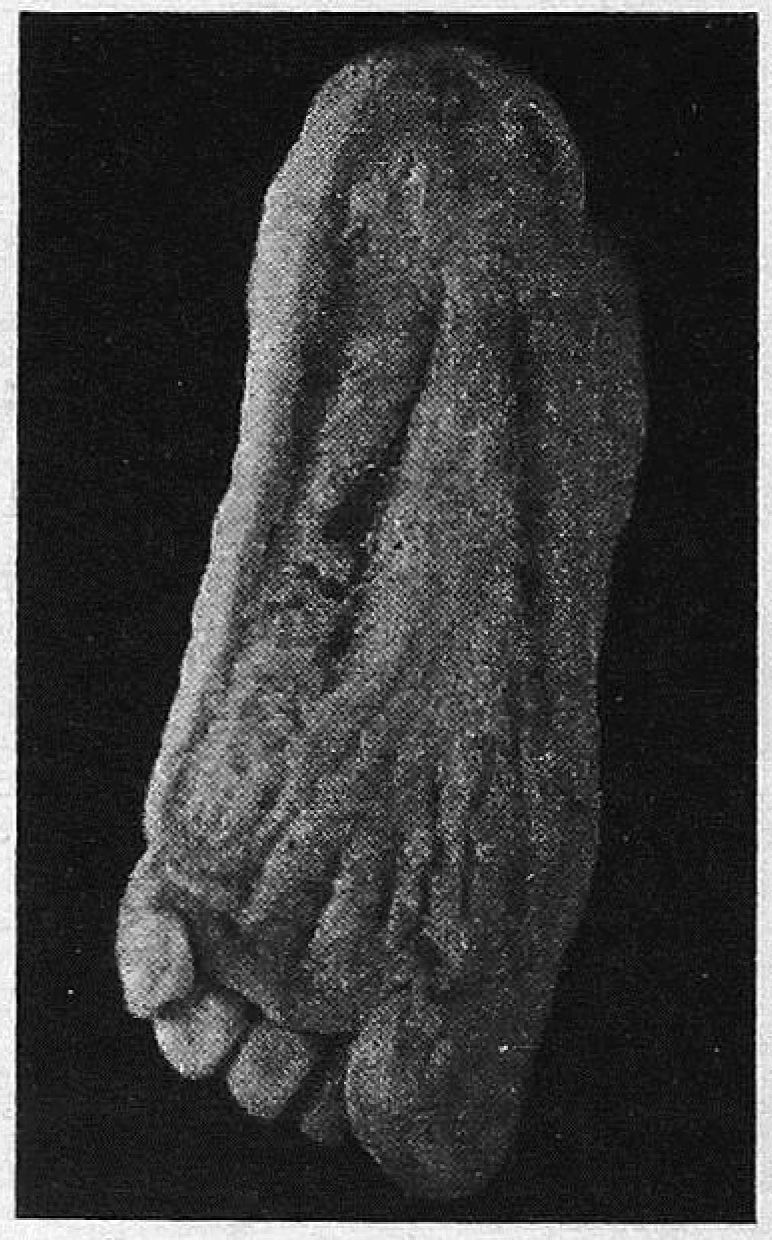


Fig. 8. — Feto di 320 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si notino le lacinie connettivali tese attraverso i due solchi che limitano l'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso i cuneiformi ed il cuboide l'aponeurosi plantare appare come una doccia estesa da un margine all'altro del piede : la porzione media di questa doccia, limitata dai due setti che si sollevano dalla sua faccia profonda è notevolmente più spessa e corrisponde alla aponeurosi tibiale. Il setto mediale si spinge sino alla faccia inferiore del I° cuneiforme sul cui pericondrio si sperde, il setto laterale più delicato del precedente, raggiunge la faccia inferiore del cuboide e la base del V° osso metatarsale (vedi fig. 9).

Nelle sezioni dei medesimi piedi condotte al di dietro delle teste delle ossa metatarsali si nota che l'aponeurosi plantare è sottile in tutta la sua estensione ; che dei suoi setti, il mediale si porta alla

faccia inferiore del corpo del I° osso metatarsale, mentre il laterale si divide tra il IV° ed il V°, che la fascia plantare profonda, che è assai sottile, si porta dalla faccia laterale del corpo del 1° osso metatarsale al setto laterale dove si esaurisce.

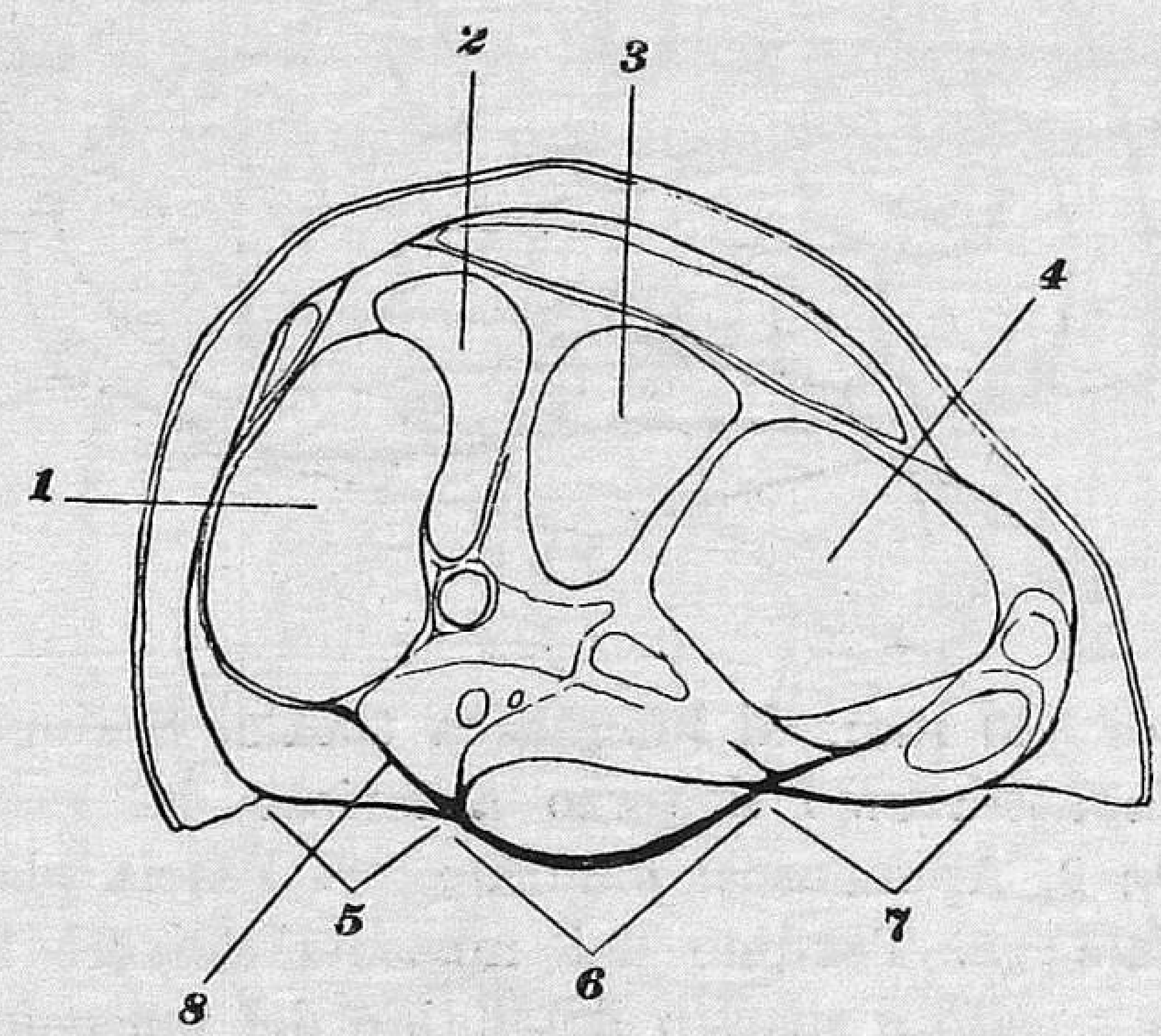


Fig. 9. — Feto di 320 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Cuneiforme I° ; 2. Cuneiforme II° ; 3. Cuneiforme III° ; 4. Cuboide ; 5. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare ; 6. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 7. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 8. Setto mediale.

Nelle medesime sezioni si nota inoltre, che una fascia fibrosa sottilissima divide la porzione superficiale della loggia plantare media occupata dai tendini dei muscoli flessori e dai muscoli lombricali, dalla porzione sottostante della medesima loggia occupata dai capi obliquo e trasverso del muscolo adduttore dell'alluce (vedi fig. 10).

5. Feti da 320 a 355 mm. di lunghezza totale. Lunghezza media del piede 55 mm.

Anche in questi piedi due solchi divergenti suddividono l'aponeurosi plantare. Il solco laterale, che divide l'aponeurosi tibiale dalla aponeurosi fibulare, come nei piedi precedentemente esaminati, è più largo, il solco mediale più ristretto, ambedue però sono attraversati a varia distanza da esili nastri e da cordoncini fibrosi i quali sono gettati come corde tra una porzione e l'altra dell'aponeurosi plantare. I solchi sono colmati da adipe e da questo affiorano qua e là

vasi e filuzzi nervosi i quali si portano nel sottocutaneo ed alla cute soprastante (vedi fig. 11).

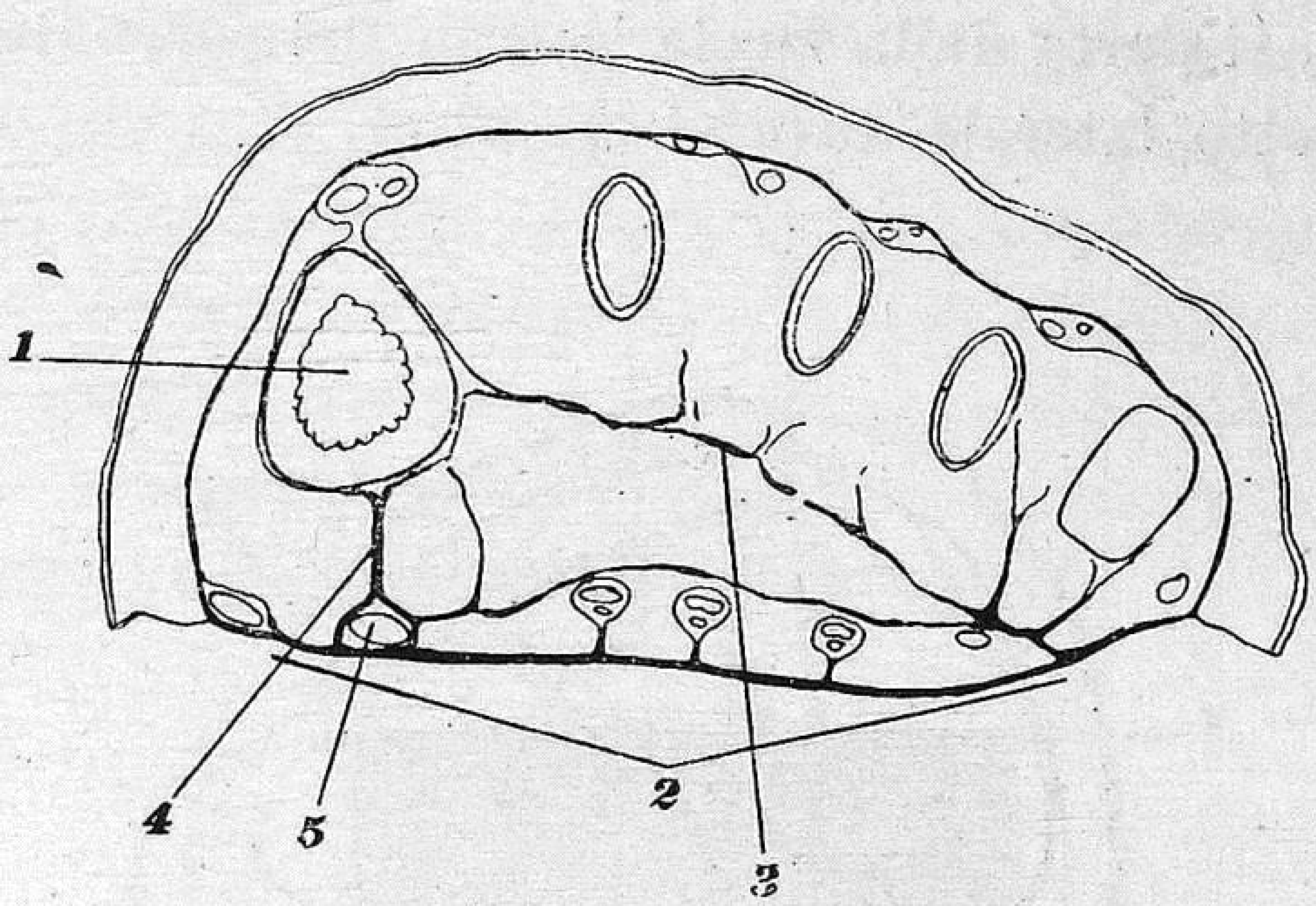


Fig. 10. — Feto di 320 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I°; 2. Aponeurosi plantare; 3. Fascia plantare profonda; 4. Setto mediale; 5. Tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce. Medialmente a questo è situato il tendine del muscolo abduttore dello stesso dito.



Fig. 11. — Feto di 350 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si noti l'estensione dell'aponeurosi tibiale e dell'aponeurosi fibulare. Nel cuscinetto digito-plantare i fasci trasversali.

L'aponeurosi tibiale, anteriormente, come di solito, si divide in cinque linguette dirette verso la base delle varie dita; queste linguette si affondano nel cuscinetto adiposo digito-plantare e sono

incrociate trasversalmente da fascetti fibrosi i quali sono situati nello spessore del cuscinetto stesso.

L'aponeurosi fibulare è più spessa che nei piedi precedentemente esaminati ed oltrepassa la tuberosità del V° osso metatarsale. Dalla aponeurosi tibiale, come dall'aponeurosi fibulare, si sollevano trabecole connettivali dirette verso la cute soprastante, le più robuste delle quali sono situate nella porzione posteriore della prima. Tra-

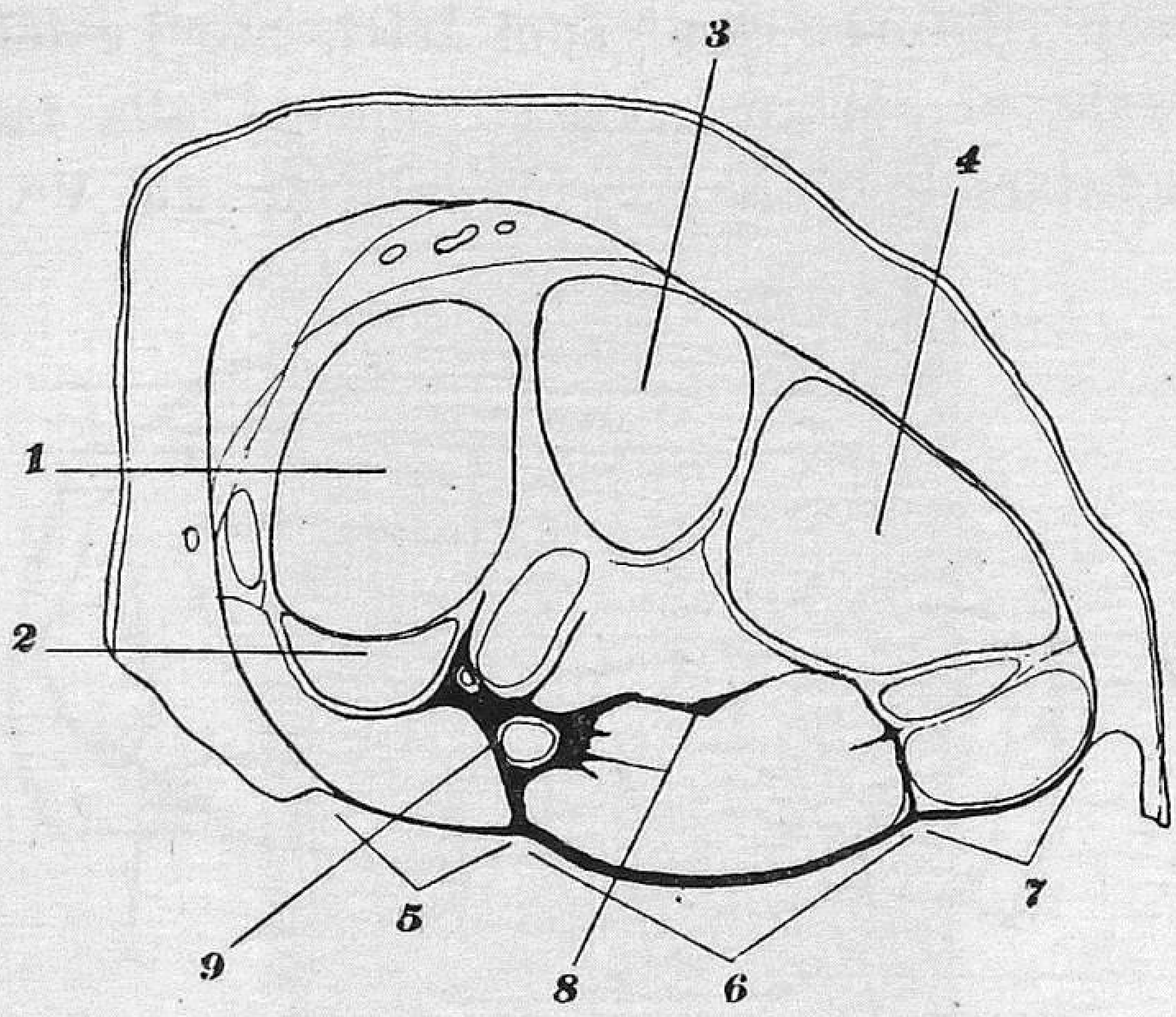


Fig. 12. — Feto di 350 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Scafoide ; 2. Cuneiforme I° ; 3. Cuneiforme III° ; 4. Cuboide ; 5. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare ; 6. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 7. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 8. Fascia plantare profonda ; 9. Setto mediale.

becole dirette alla cute si portano pure dai margini mediale e laterale delle stesse aponeurosi verso la cute che riveste i margini del piede.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso il tarso, si nota, come nei piedi precedentemente esaminati, che l'aponeurosi plantare nelle sezioni appare come una larga doccia la quale medialmente e lateralmente si continua con la fascia dorsale del piede. Si nota inoltre che dalla faccia profonda di questa doccia fibrosa si sollevan i due setti i quali si spingono in alto verso gli elementi dello scheletro del tarso. Il setto mediale, più robusto, ingloba il fascio vascolo-nervoso plantare mediale e si spinge sino alla faccia inferiore del I° cuneiforme sul cui pericondrio si inserisce, il setto laterale, più sottile, raggiunge la faccia inferiore del cuboide (vedi fig. 12).

In queste stesse sezioni si nota che la fascia plantare profonda è notevolmente spessa e che si spinge dal setto mediale al cuboide passando al disotto del muscolo quadrato della pianta.

Nelle sezioni condotte attraverso il terzo anteriore del metatarso, immediatamente al didietro delle teste delle ossa di questo, si nota che l'aponeurosi plantare, come di solito, è più sottile che nella sezione precedente, che con essa sono connesse le guaine dei tendini dei muscoli flessori e che i suoi setti, brevi e delicati, specialmente il laterale, si portano rispettivamente alla faccia inferiore del I° osso metatarsale ed alla faccia inferiore del V°.

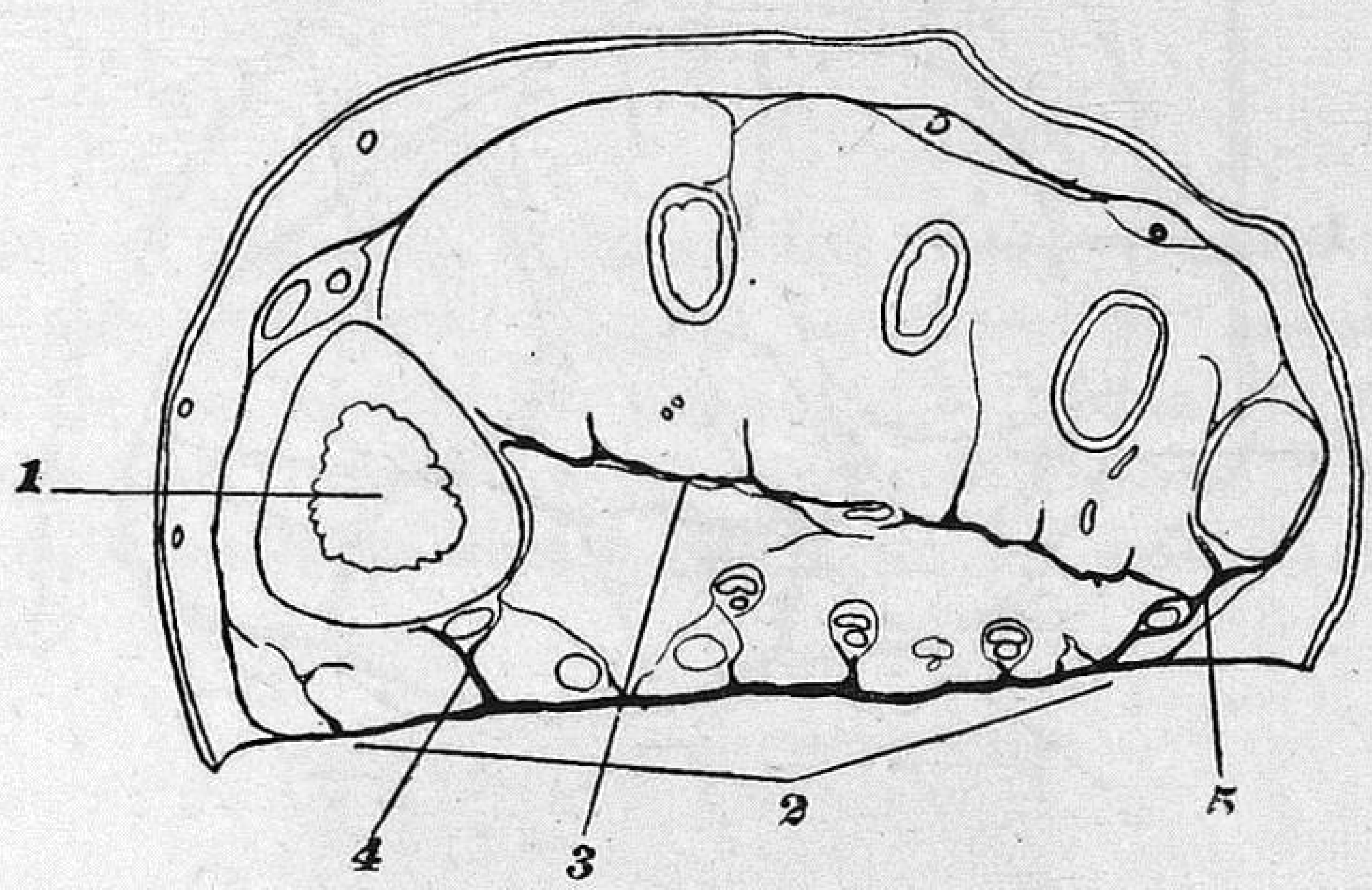


Fig. 13. — Feto di 350 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° 2. Aponeurosi plantare ; 3. Fascia plantare profonda ; 4. Setto mediale ; 5. Setto laterale.

Anche in queste sezioni si nota la presenza della fascia plantare profonda la quale è più estesa che nelle sezioni precedentemente descritte, essa si spinge dalla faccia laterale del I° osso metatarsale al setto dello stesso lato, dividendo la loggia media in due porzioni, l'una superficiale e l'altra profonda, la prima, che racchiude i tendini dei muscoli flessori delle dita, i muscoli lombricali ed il capo trasverso del muscolo adduttore dell'alluce, la seconda che racchiude i muscoli interossei (vedi fig. 13).

6. Feti da 390 a 410 mm. di lunghezza totale. Lunghezza del piede da 64 a 67 mm.

Nei piedi dei feti di questa età si nota che il solco laterale che delimita l'aponeurosi tibiale dall'aponeurosi fibulare è molto più ampio che il solco mediale. Si nota che l'aponeurosi tibiale è spessa e nastriforme e tesa dal processo mediale della tuberosità

del calcagno alla pianta del piede dove si suddivide in tante linguette strette e divergenti per quante sono le dita. L'aponeurosi fibulare ha anche essa l'aspetto di un nastro ma è più breve e più ristretta dell'aponeurosi tibiale. L'aponeurosi fibulare si estende dal processo laterale della tuberosità del calcagno alla tuberosità del V° osso metatarsale: anteriormente a questo si riduce ad un esile velo il quale ricopre la porzione anteriore del muscolo abduttore del V° dito ed il breve flessore del medesimo.



Fig. 14. — Feto di 390 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si noti l'estensione dell'aponeurosi tibiale e dell'aponeurosi fibulare e si confronti con le figure precedenti. L'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare, al davanti del calcagno, sono attraversate da fasci vascololari e da fasci nervosi.

La porzione mediale dell'aponeurosi plantare, stretta, breve e trasparente, ricopre i muscoli della loggia mediale del piede.

Il solco laterale, attraversato da lacinie connettivali e colmato da adipe in gran parte, dà passaggio a vasi e nervi, relativamente grossi i primi, sottili i secondi, i quali, nello spessore del sottocutaneo, si anastomizzano con altri simili provenienti dalla regione malleolare mediale (vedi fig. 14).

In parecchi dei piedi osservati l'aponeurosi fibulare si arresta alla tuberosità del V° osso metatarsale, in altri procede oltre ricoprendo i muscoli della loggia laterale. Nella regione del calcagno da tutte e due le porzioni dell'aponeurosi plantare si sollevano tra-

becole fibrose le quali raggiungono la cute soprastante; nello spessore del cuscinetto adiposo digito-plantare le linguette aponeurotiche dell'aponeurosi tibiale sono incrociate da sottili nastri diretti trasversalmente.

Nelle sezioni trasversali condotte attraverso lo scheletro del tarso, che è ancora cartilagineo, si nota che l'aponeurosi tibiale è spessa e disposta come una doccia al disotto del muscolo flessore

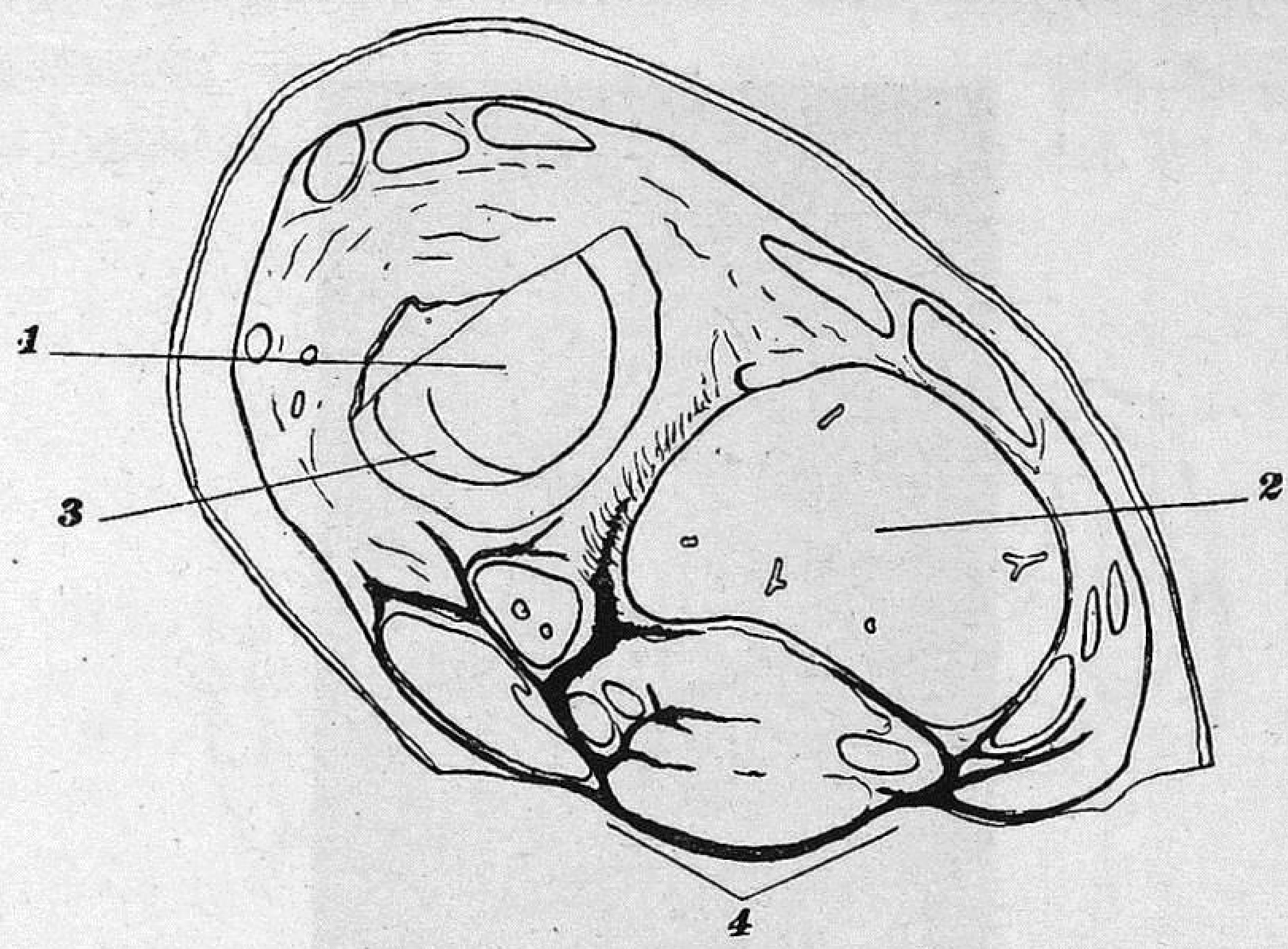


Fig. 15. — Feto di 390 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Scafoide; 2. Cuboide; 3. Cuneiforme I°; 4. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale).

breve delle dita, che l'aponeurosi fibulare è anch'essa relativamente robusta, mentre che l'espansione mediale dell'aponeurosi tibiale che ricopre la loggia mediale della pianta, è sottile e delicata. E, riguardo ai setti che si sollevano dalla faccia profonda dell'aponeurosi plantare, nelle medesime sezioni si nota, che il setto mediale, dopo di avere inglobati i nervi plantari mediali, raggiunge la faccia inferiore del I° cuneiforme ed il margine mediale del cuboide nel pericondrio dei quali si esaurisce, mentre il setto laterale, più breve e meno robusto, raggiunge la faccia inferiore del cuboide medialmente al tendine del muscolo peroniero lungo alla cui guaina pure si attacca (vedi fig. 15).

Nelle sezioni condotte attraverso la porzione distale del metatarso si nota che l'aponeurosi plantare nell'insieme è assai ridotta di spessore; che il setto mediale, incompleto, si spinge sino alla base del I° osso metatarsale; che il setto laterale raggiunge la fac-

cia mediale del V° ed infine che la fascia plantare profonda, meno evidente, limita inferiormente la porzione della loggia media che contiene i muscoli interossei (vedi fig. 16).

7. Feti da 470 a 480 mm. di lunghezza totale. Lunghezza media del piede 75 mm.

Anche in questi piedi dei due solchi situati nella metà posteriore della pianta che suddividono l'aponeurosi plantare il solco laterale è più largo e si estende sino a metà della pianta del piede. L'apo-

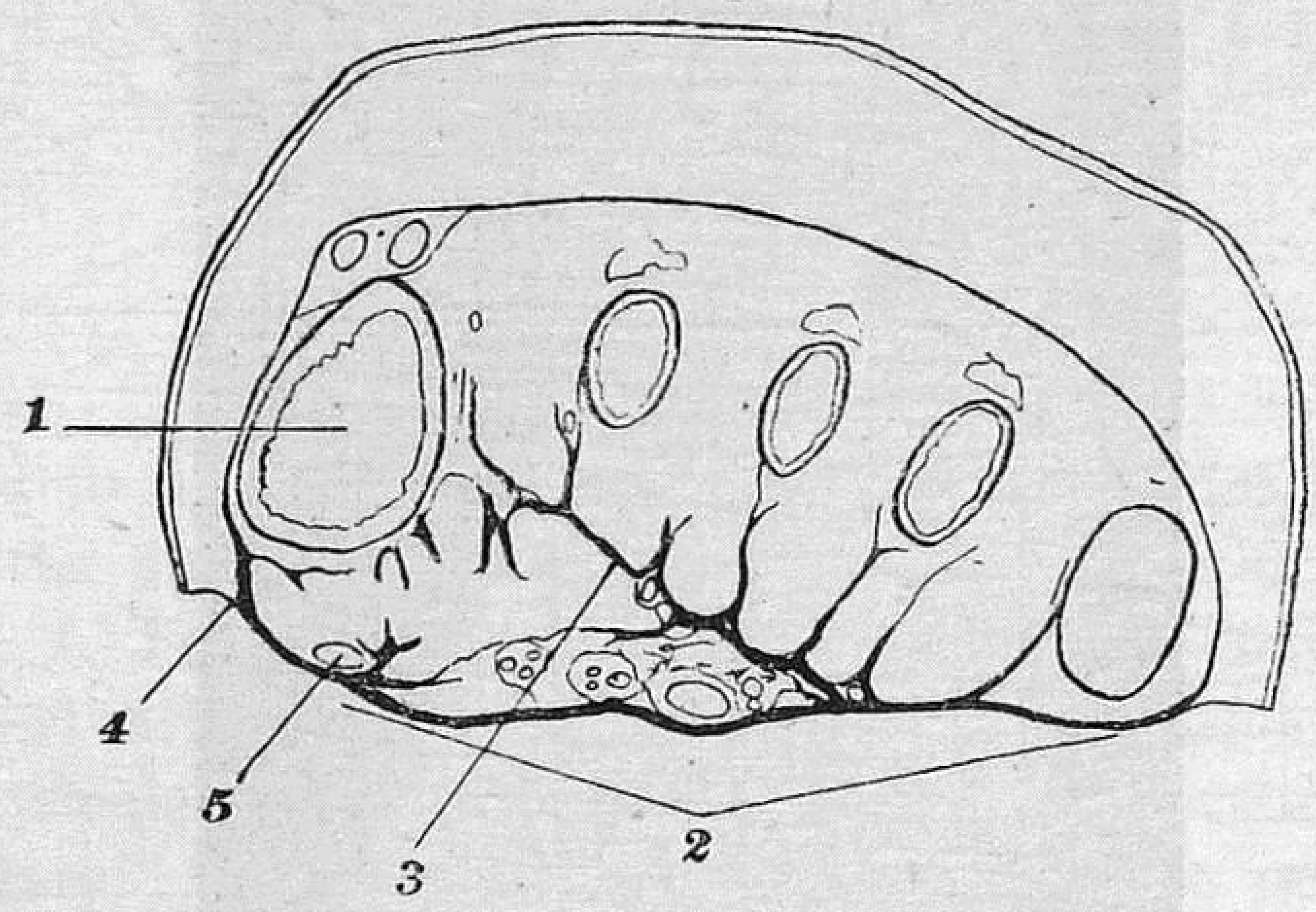


Fig. 16. — Feto di 390 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° ; 2. Aponeurosi plantare ; 3. Fascia plantare profonda ; 4. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare (espansione dell'aponeurosi tibiale) che si continua con la fascia dorsale ; 5. Tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce.

neurosi tibiale possiede sulla sua faccia superficiale un buon numero di trabecole connettivali le quali si suddividono e si sperdono nel derma cutaneo soprastánte, le linguette digitali sono incrociate nello spessore del cuscinetto adiposo digito-plantare da nastri fibrosi diretti trasversalmente tesi come ponti. Questi fasci trasversali sono parecchi e disposti in varii piani nello spessore del cuscinetto adiposo, i più profondi aderiscono alle capsule articolari metatarso-falangee e lateralmente e medialmente si sperdono nel derma cutaneo (vedi fig. 17).

L'aponeurosi fibulare, robusta, è riunita alla cute del margine laterale della pianta del piede da trabecole connettivali che sono specialmente spesse in corrispondenza della zona del calcagno. Trabecole simili si sollevano pure dalla sua faccia superficiale per

mezzo delle quali essa rimane connessa col derma cutaneo soprastante.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso il tarso si nota che l'aponeurosi tibiale è più robusta dell'aponeurosi fibulare, che il setto mediale si spinge sino alla faccia inferiore dello



Fig. 17. — Feto di 470 mm. di lunghezza totale. Aponeurosi plantare. Si notino le trabecole connettivali che legano l'aponeurosi fibulare al derma cutaneo.

scafoide mentre il setto laterale, più breve, si attacca alla faccia inferiore del cuboide. Si nota inoltre la presenza del setto che divide il quadrato plantare dal flessore breve delle dita (vedi fig. 18).

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso la porzione distale del metatarso si nota che l'aponeurosi tibiale è anche qui alquanto spessa, mentre l'aponeurosi fibulare è più sottile; che il setto mediale, spesso, si spinge sino alla faccia inferiore del I° osso metatarsale; che il setto laterale raggiunge il IV° ed il V°. Si nota inoltre che la fascia plantare profonda è tesa dalla faccia laterale del V° osso metatarsale alla faccia inferiore del IV° (vedi fig. 19).

8. Feti a termine. Lunghezza del piede 80 mm. circa.

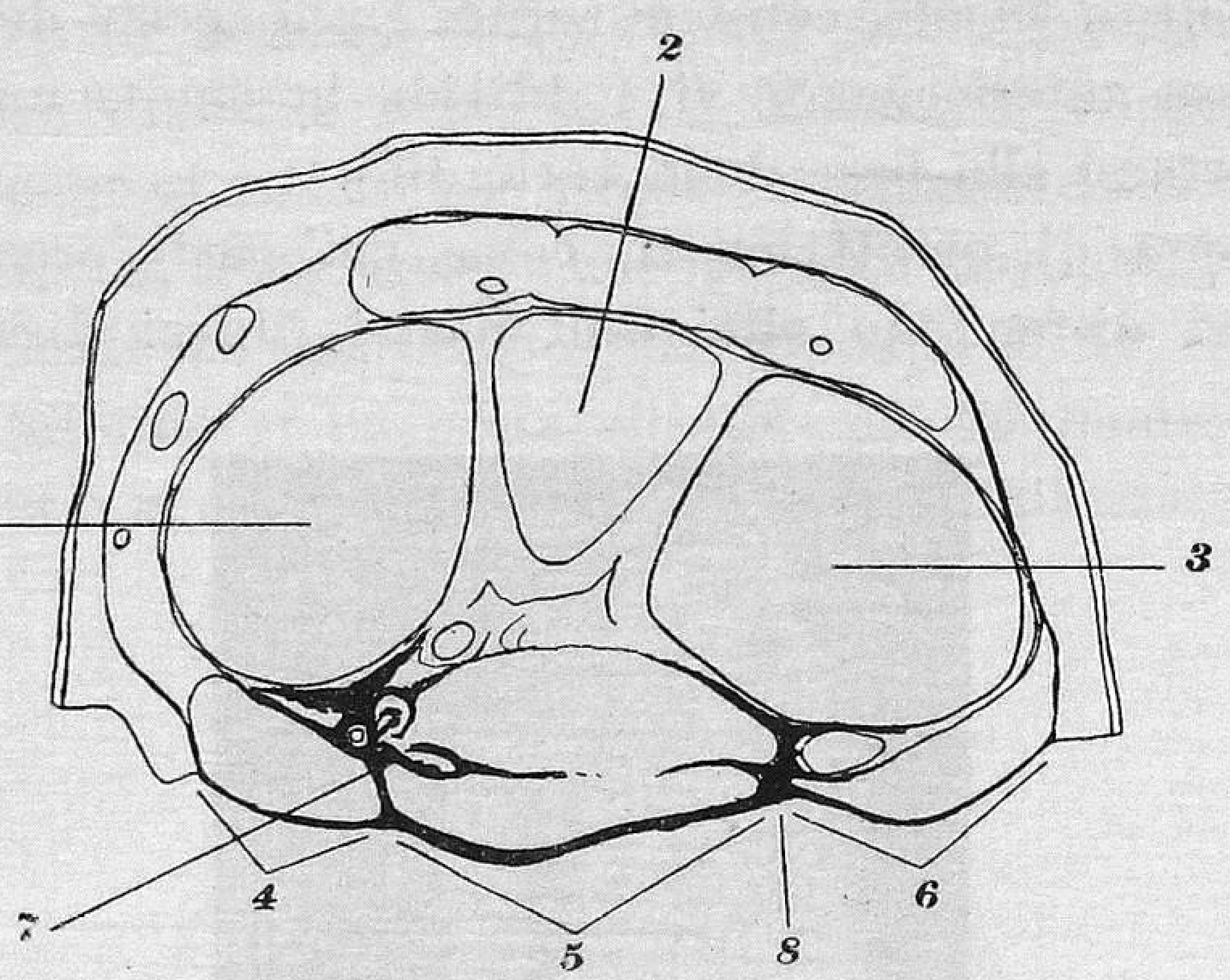


Fig. 18. — Feto di 470 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Scafoide ; 2. Cuneiforme III° ; 3. Cuboide ; 4. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare (espansione dell'aponeurosi tibiale) ; 5. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale) ; 6. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare) ; 7. Setto mediale ; 8. Setto e solco laterale.

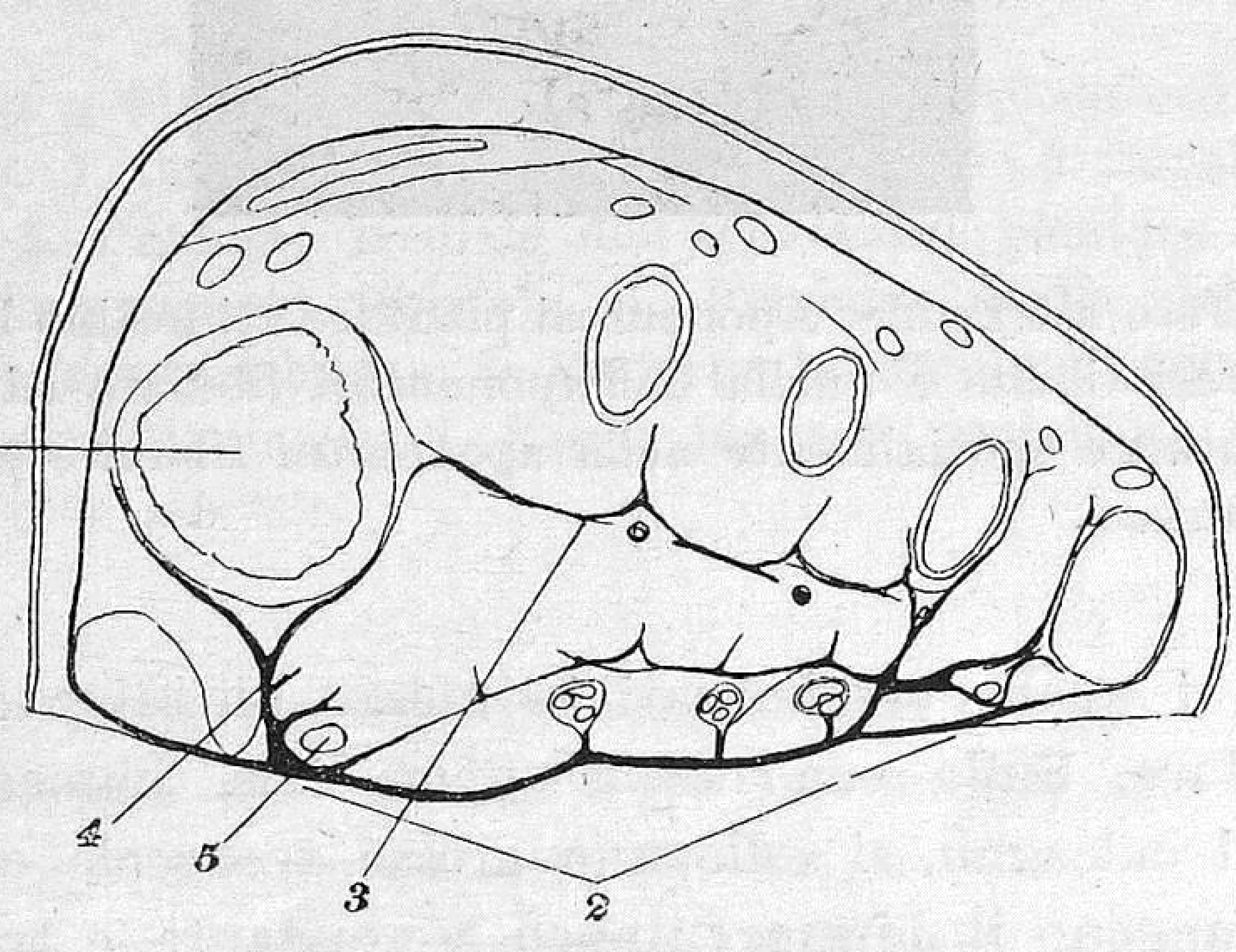


Fig. 19. — Feto di 470 mm. di lunghezza totale. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° ; 2. Aponeurosi plantare ; 3. Fascia plantare profonda ; 4. Setto mediale ; 5. Tendine del muscolo flessore lungo dell'alluce.

L'aponeurosi tibiale, come al solito, è più spessa dell'aponeurosi fibulare, essa anteriormente si suddivide in cinque nastri fibrosi i quali si portano alla base delle varie dita.

Al disopra di questi nastri, come nei piedi precedentemente osservati, si distendono altri esili nastri fibrosi diretti in senso



Fig. 20. — Feto a termine. Aponeurosi plantare. Si notino l'estensione dell'aponeurosi tibiale e quella dell'aponeurosi fibulare ed inoltre le trabecole cutanee specialmente nella aponeurosi fibulare e nel cuscinetto digito-plantare.

trasversale, i quali sono situati in mezzo all'adipe del cuscinetto digito-plantare. Sulla sua faccia superficiale, immediatamente al davanti del calcagno, si sollevano grosse trabecole connettivali le quali raggiungono il derma cutaneo soprastante e trabecole simili si sollevano dalla faccia superficiale della aponeurosi fibulare (vedi fig. 20).

I fasci di questa raggiungono la porzione anteriore della pianta del piede.

Nelle sezioni trasversali del piede condotte attraverso il tarso si nota che l'aponeurosi tibiale costituisce una spessa doccia con-

tinua al disotto del muscolo flessore breve delle dita, mentre l'aponeurosi fibulare è sottile e più sottile ancora è l'espansione mediale dell'aponeurosi tibiale che ricopre i muscoli della loggia mediale del piede. Si nota inoltre che il setto mediale, robusto, si spinge e si sperde nel pericondrio che circonda il I° cuneiforme; che il setto laterale si connette alla guaina del tendine del muscolo lungo peroniero. In queste sezioni la fascia plantare profonda

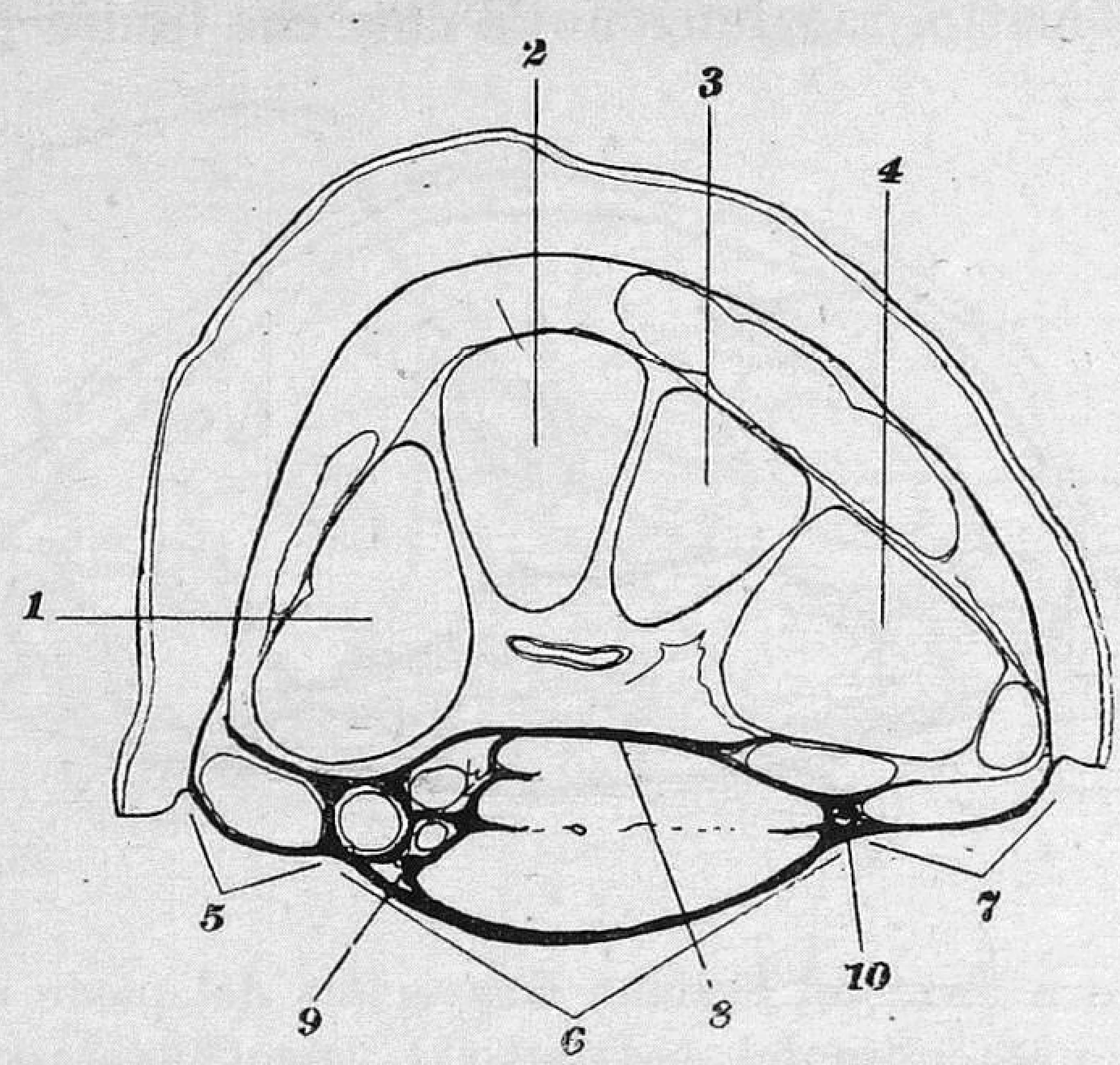


Fig. 21. — Feto a termine. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il tarso. 1. Cuniforme I°; 2. Cuneiforme II°; 3. Cuneiforme III°; 4. Cuboide; 5. Porzione mediale dell'aponeurosi plantare (espansione mediale dell'aponeurosi tibiale); 6. Porzione media dell'aponeurosi plantare (aponeurosi tibiale); 7. Porzione laterale dell'aponeurosi plantare (aponeurosi fibulare); 8. Fascia plantare profonda; 9. Setto mediale; 10. Setto laterale.

è spessa e tesa come un arco dalla faccia inferiore del I° cuneiforme alla faccia inferiore del cuboide dove si connette alla guaina del tendine del lungo peroniero (vedi fig. 21).

Nelle sezioni condotte attraverso l'estremità anteriore del metatarso, si nota che l'aponeurosi plantare in generale è più sottile; che il setto mediale raggiunge e si sperde sulla faccia inferiore del I° osso metatarsale; che il setto laterale vi manca, che in fine la fascia plantare profonda dalla faccia laterale del I° osso metatarsale si spinge sino al margine laterale dell'aponeurosi tibiale (vedi fig. 22).

L'aponeurosi plantare è visibile in tutta la sua estensione nelle sezioni longitudinali nelle quali si nota che essa dai processi della tuberosità del calcagno si spinge anteriormente sino al cuscinetto adiposo digito-plantare, che nella porzione anteriore della pianta del piede, nello spessore di questo, si divide in lamine secondarie divergenti le più brevi delle quali si sperdono sulle capsule articolari metatarso-falangee, le più lunghe, che sono situate nella zona media del cuscinetto, raggiungono la cute che limita posteriormente

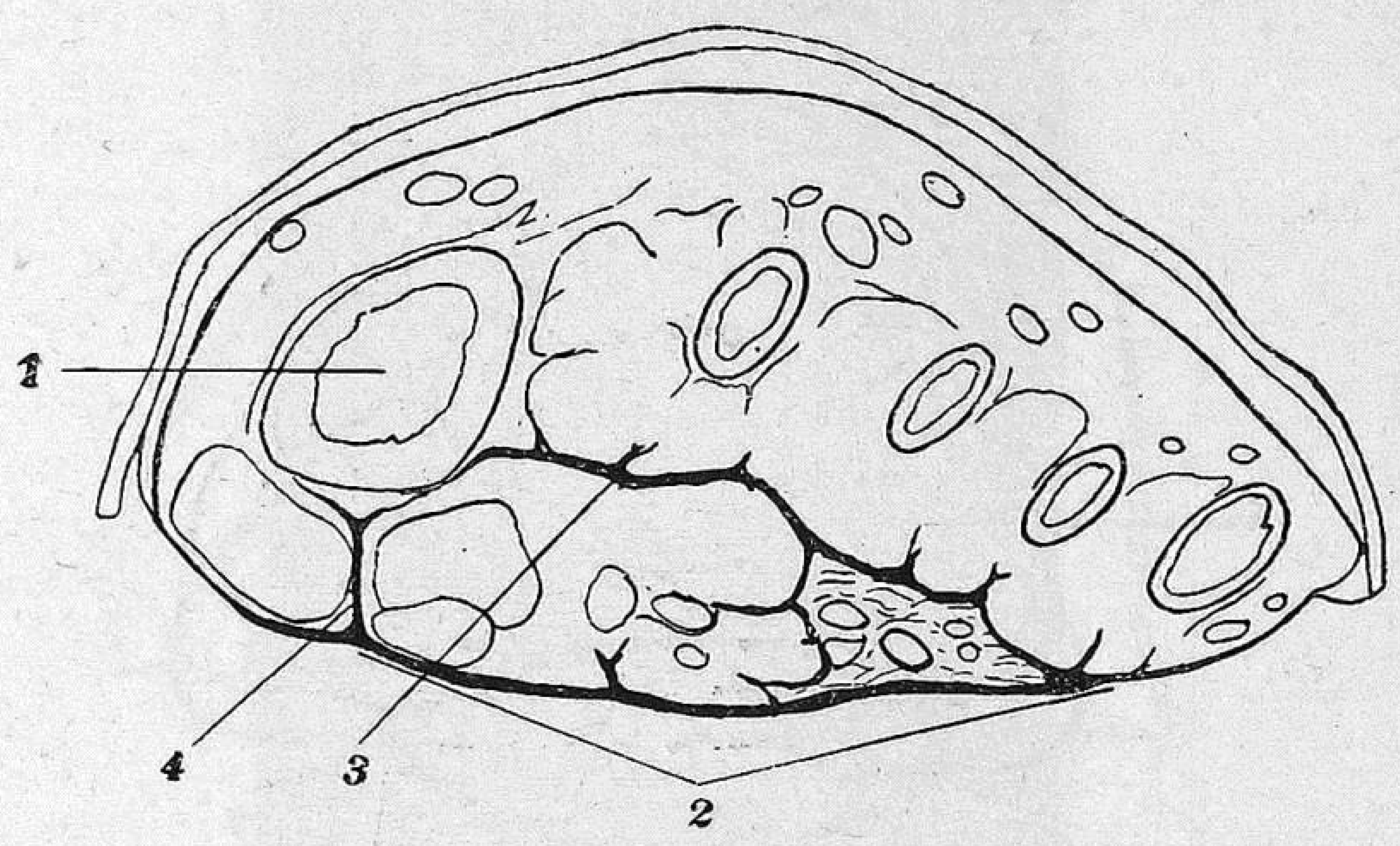


Fig. 22. — Feto a termine. Sezione trasversale del piede condotta attraverso il terzo anteriore del metatarso. 1. Osso metatarsale I° ; 2. Aponeurosi tibiale ; 3. Fascia plantare profonda ; 4. Setto mediale.

il solco digito plantare, le più superficiali, infine, si sperdono nel derma cutaneo del margine anteriore della pianta.

Nello spessore del cuscinetto stesso si nota la presenza di fasci connettivali trasversali che sono sottili e delicati nei piedi dei feti più giovani, ma più robusti e nastriformi nei piedi dei feti più avanzati nello sviluppo. Sono questi fasci, superficiali e profondi, non del tutto indipendenti, ma connessi tra di loro e connessi con lo stroma connettivale del cuscinetto stesso. Esaminando in fine la porzione di origine dell'aponeurosi ed i suoi rapporti col calcagno, si nota che sulla faccia inferiore di questo le sue fibre si continuano direttamente con quelle del periostio e con quelle del tendine di Achille, che dalla sua faccia superficiale si distendono setti e trabecole le quali si disperdono nel derma della cute della pianta, trabecole che sono specialmente resistenti nel punto di unione della zona del calcagno con l'arcata del piede.

Nelle sezioni longitudinali condotte lungo il secondo spazio metatarsale, come sono quelle qui riprodotte, si nota, più profondamente dell'aponeurosi plantare, la presenza del ligamento plantare lungo il quale sta situato immediatamente al disotto del muscolo quadrato della pianta e la presenza del ligamento calcaneo-scafoideo (vedi figg. 23 e 24).

Concludendo dunque l'aponeurosi plantare durante la vita fetale risulta costituita da due nastri fibrosi di differente spessore ed

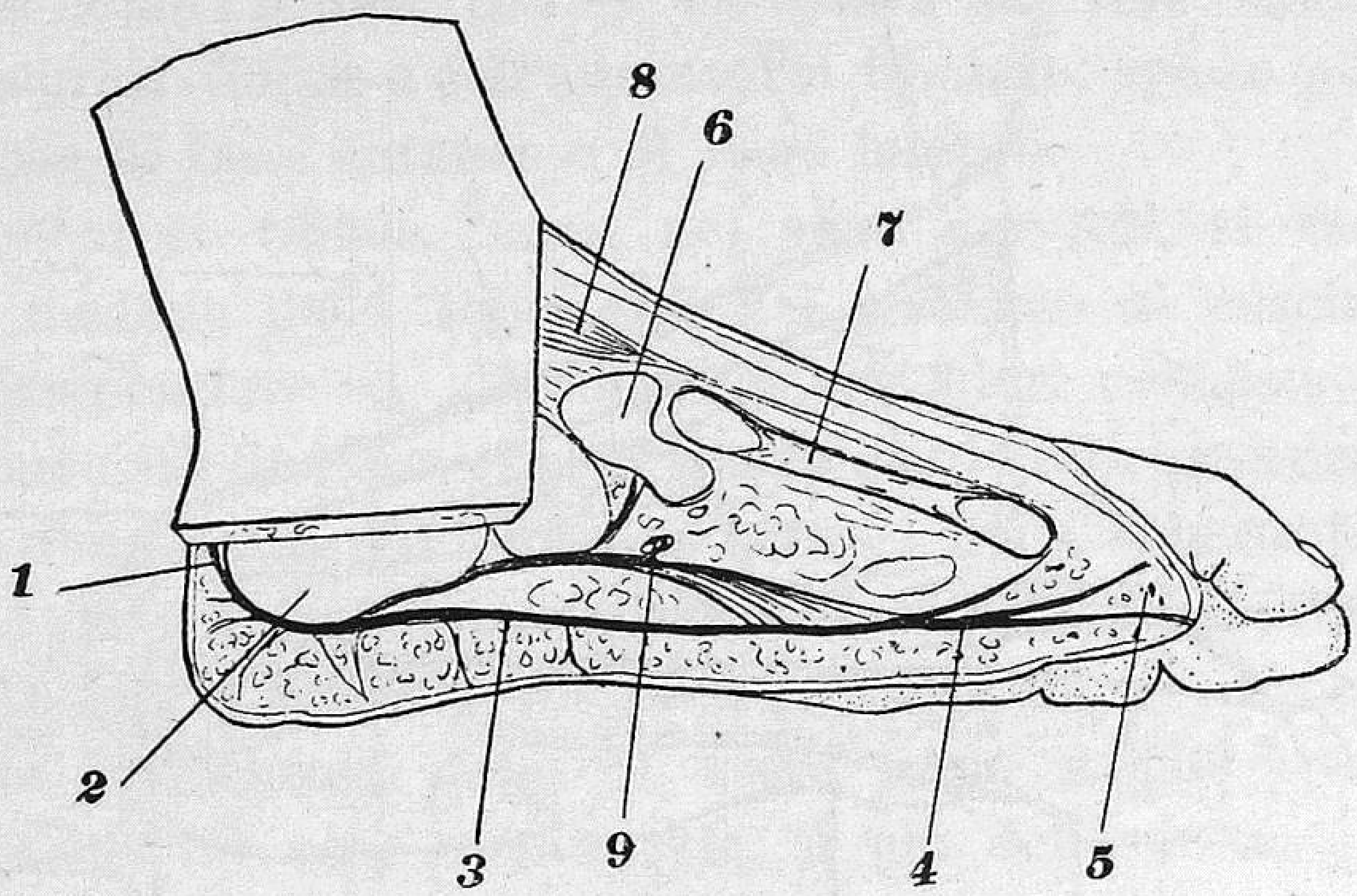


Fig. 23. — Feto di 320 mm. di lunghezza totale. Sezione longitudinale del piede condotta lungo il secondo spazio intermetatarsale. 1. Tendine di Achille ; 2. Calcagno ; 3. Aponeurosi tibiale ; 4. Espansioni anteriori dell'aponeurosi tibiale ; 5. Fasci trasversali ; 6. Scafoide ; 7. Osso metatatarsale II° ; 8. Muscolo estensore breve delle dita ; 9. Tendine del muscolo peroniero lungo nel suo canale.

estensione : l'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare limitate da un ampio solco. L'aponeurosi tibiale, più spessa e più resistente dell'aponeurosi fibulare, distalmente si divide in nastri sottili e delicati i quali, nello spessore del cuscinetto digito-plantare, si suddividono ulteriormente e si portano verso la base delle varie dita. Di questi nastri o linguette alcuni si sperdono nelle capsule fibrose delle articolazioni metatarso-falangee, altri nel derma cutaneo soprastante. Queste ultime più specialmente sono incrociate da delicati nastri fibrosi diretti in senso trasversale i quali attraversano per tutta la estensione il cuscinetto digito-plantare.

L'aponeurosi fibulare risulta costituita da fibre dirette longitudinalmente le quali traggono origine dal pericondrio che ricopre il processo laterale della tuberosità del calcagno e che da essa si

sollevano trabecole dirette verso la cute le più robuste delle quali sono situate al limite tra la zona calcaneare e la zona media della pianta del piede.

L'aponeurosi fibulare è più sottile e più delicata della precedente. Essa, come l'aponeurosi tibiale, risulta costituita da fibre dirette in senso longitudinale le quali nei feti più giovani non oltrepassano la tuberosità del V° osso metatarsale, ma nei piedi dei feti più inoltrati

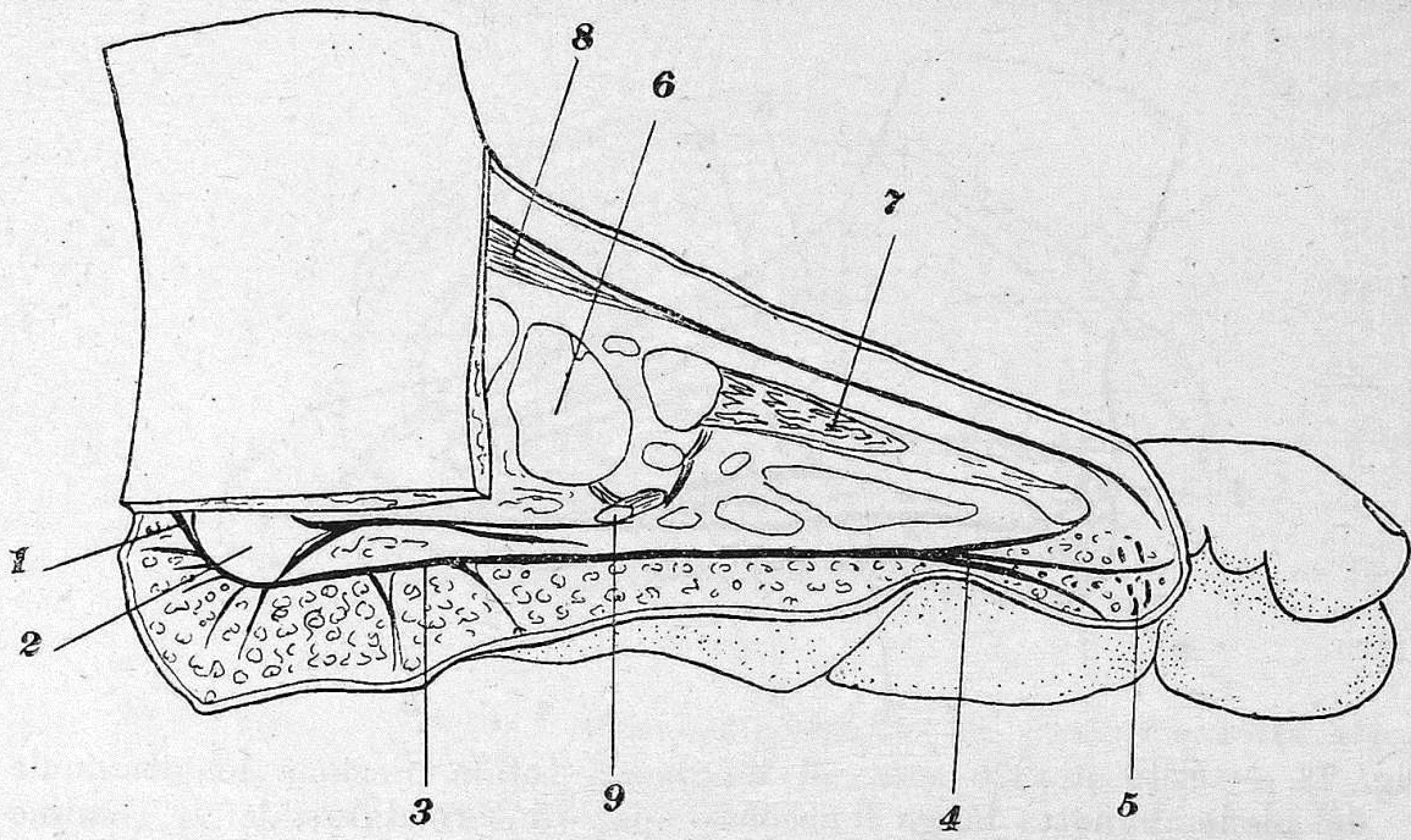


Fig. 24. — Feto a termine. Sezione longitudinale del piede condotta lungo il secondo spazio intermetatarsale. 1. Tendine di Achille; 2. Calcagno; 3. Aponeurosi tibiale; 4. Espansioni anteriori dell'aponeurosi tibiale; 5. Fasci trasversali; 6. Scafoide; 7. Osso metatarsale II°; 8. Muscolo estensore breve delle dita; 9. Tendine del muscolo peroniero lungo nel suo canale.

nello sviluppo, si spingono anteriormente alla tuberosità ricoprendo i muscoli della loggia laterale del piede. Dal tratto posteriore di questa aponeurosi si originano un buon numero di trabecole più o meno spesse le quali si sperdono nella cute soprastante. Il suo tratto anteriore si estende sempre più anteriormente con l'avanzare dell'età, ma in ogni modo è sottile e delicato rispetto al tratto posteriore calcaneo-metatarsale. La porzione mediale dell'aponeurosi plantare che rappresenta la espansione mediale dell'aponeurosi tibiale, risulta costituita da un velo intrecciato di fibre longitudinali e di fibre trasversali; queste ultime, dopo di essersi

espanse sui muscoli della loggia mediale del piede, si portano, dissociandosi, oltre il margine mediale della pianta in parte al derma cutaneo, in parte sulla fascia dorsale del piede.

B) *L'aponeurosi plantare nell'uomo adulto.*

Come nei piedi dei feti già descritti, l'aponeurosi plantare del piede dell'uomo adulto risulta costituita da due nastri fibrosi, dall'aponeurosi tibiale e dall'aponeurosi fibulare, spesse però queste e più ricche di fasci cutanei e di fasci laterali.

L'aponeurosi tibiale, come nei piedi dei feti, si estende dal processo mediale della tuberosità del calcagno al cuscinetto adiposo digito-plantare ed alle capsule articolari metatarso-falangee.

L'aponeurosi fibulare, situata lateralmente alla precedente, meno estesa in lunghezza, dal processo laterale della tuberosità del calcagno, da dove si origina, si porta anteriormente ricoprendo i muscoli della loggia laterale del piede.

Questa aponeurosi, dopo di avere preso valido attacco sulla tuberosità del V° osso metatarsale, il più delle volte, si proietta oltre di questa, sulla porzione laterale della pianta del piede raggiungendo la testa del IV° osso metatarsale.

Le due aponeurosi sono riunite, di norma, da un breve tratto intermedio (aponeurosis intermedia) che colma lo spazio, di forma losangica, che intercede tra il margine laterale dell'una ed il margine mediale dell'altra e che corrisponde al solco che li divide.

Ambedue le aponeurosi sono fornite di fasci cutanei che costituiscono trabecole le quali le connettono alla cute soprastante, di fasci laterali, i quali in parte si distendono al disopra dei muscoli del margine laterale e del margine mediale dell'arco del piede, in parte raggiungono la cute e vi prendono solida connessione. Dai margini dell'aponeurosi tibiale, come dal margine mediale dell'aponeurosi fibulare, traggono origine robusti fasci nastriformi i quali si affondano tra i muscoli della pianta del piede in parte costituendo ed in parte rinforzando i setti fibrosi che separano le tre logge della pianta del piede stesso.

1. Aponeurosi tibiale.

a) Forma e struttura. Ha la forma di un triangolo isoscele con la base situata anteriormente nella porzione anteriore della pianta

del piede e l'apice tronco aderente al processo mediale della tuberosità del calcagno. La sua lunghezza, misurata dall'origine ai punti di divisione delle linguette digitali, corrisponde, presso a poco a metà della lunghezza del piede, misurata questa dal margine posteriore del tallone alla punta dell'alluce. La sua lunghezza totale, nei piedi studiati, è variabile da un soggetto all'altro ed il suo indice, misurato secondo la formula proposta da Loth, 1908, cioè:

$$\frac{\text{lunghezza dell'aponeurosi} \times 100}{\text{lunghezza del piede}}$$

è di 66,7 (indice medio europeo indicato da Loth, 67) con indice minimo di 60 e massimo di 75.

Risulta essa costituita da fasci fibrosi longitudinali i quali si espandono anteriormente a ventaglio: 45 volte su 100 questi fasci, nella metà posteriore dell'aponeurosi, appaiono ritorti, come i fili di una corda. Anteriormente, nella zona della pianta che corrisponde al metatarso, i fasci costituenti dell'aponeurosi si dividono in cinque linguette le quali si portano verso la base delle varie dita. Ciascuna di queste linguette ha una larghezza di 4-5 mm. e tra esse, quella che si porta alla base dell'alluce, di norma è la più robusta. Quest'ultima talvolta (20 %) appare come una formazione in qualche modo indipendente dalle altre perchè le fibre del margine mediale della porzione posteriore dell'aponeurosi si portano direttamente al secondo fascicolo digitale passando al disopra di essa. In questo caso essa appare paragonabile al fasciculus trasversus, diretto all'alluce dell'aponeurosi tibiale del piede dello scimpanzè, già illustrato da Loth, 1908 (vedi fig. 25).

Le linguette, o fascicoli digitali, portandos anteriormente, si dividono in fascetti secondarii i più superficiali dei quali, dopo di esservi risoluti ripetutamente, si distribuiscono alla cute della pianta nel modo come dirò in seguito.

I fascetti profondi attraverso il cuscinetto adiposo digito-plantare, si portano sino alla cute che ne limita posteriormente il solco, i fascetti profondi, dopo di essersi suddivisi in due linguette secondarie, si portano sulle capsule fibrose delle articolazioni metatarsofalangee dove si esauriscono (vedi fig. 26).

Tutti questi fascicoli secondarii sono connessi tra di loro da fascetti trasversali situati in seno al cuscinetto adiposo digitoplantare, fascetti trasversali dei quali i più superficiali aderiscono

alla cute, i più profondi legano in senso trasversale le varie capsule articolari metatarso-falangee.

Fascetti e nastri fibrosi diretti in senso trasversale, disposti sulla faccia superficiale dell'aponeurosi tibiale, si ritrovano fre-

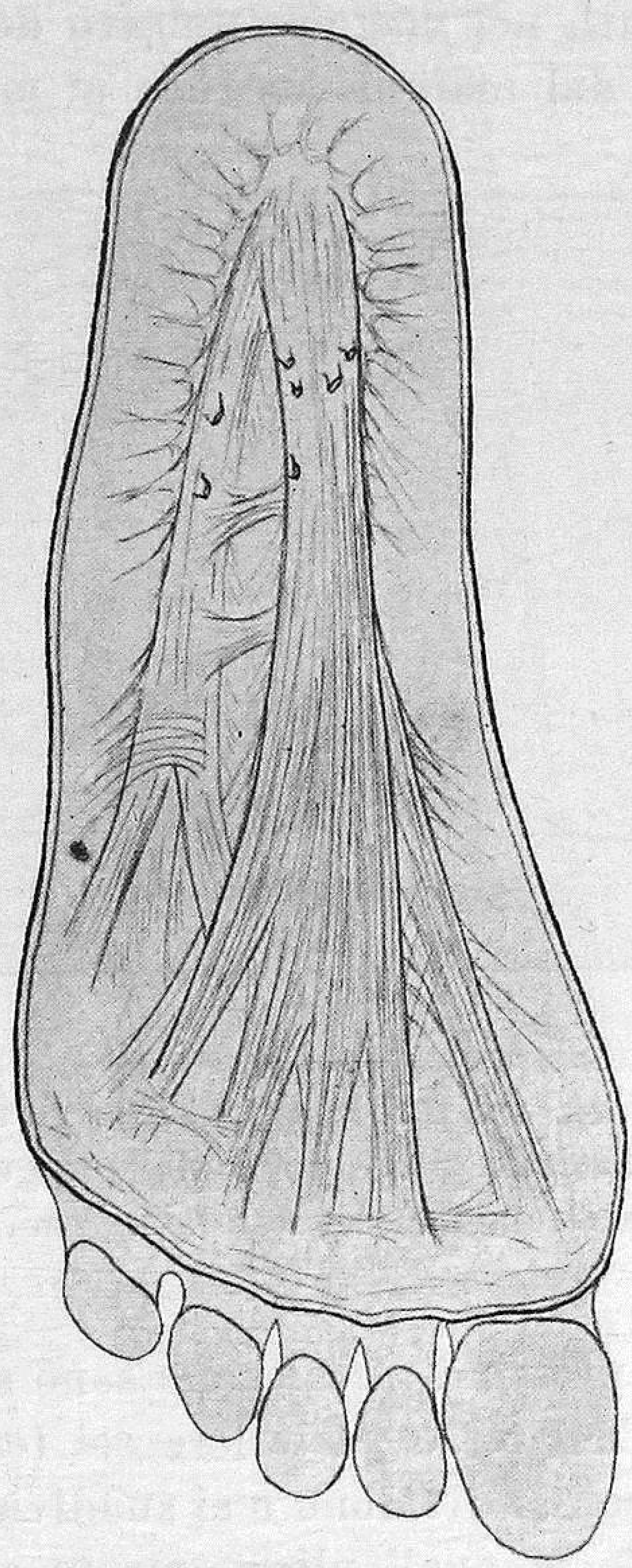


Fig. 25. — Aponeurosi plantare di un uomo di 40 anni. Si noti la direzione delle fibre che costituiscono l'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare, il fascicolo diretto all'alluce ed il fascicolo fibulare che si insinua al disotto del V° fascicolo digitale dell'aponeurosi tibiale.

quentemente gettati come ponti tra le linguette digitali, spesso anche sulla porzione calcaneare, ma più raramente nella porzione media che corrisponde all'arco del piede. Questi nastri, il più delle volte, oltrepassano i margini di essa e si proiettano, insieme con i fasci ed i nastri che si originano dai margini dell'aponeurosi stessa, medialmente e lateralmente nelle regioni vicine.

***

b) Fasci cutanei. I fasci fibrosi cutanei sono assai numerosi e si originano, senza ordine alcuno, da tutta la superficie dell'aponeurosi e dai suoi margini. Di solito hanno forma di linguette appiattite ed il loro spessore è assai vario. I più robusti, in numero di 4 o 5, sono disposti, nel maggior numero dei casi, secondo una linea obliqua diretta dal margine mediale al margine laterale del-

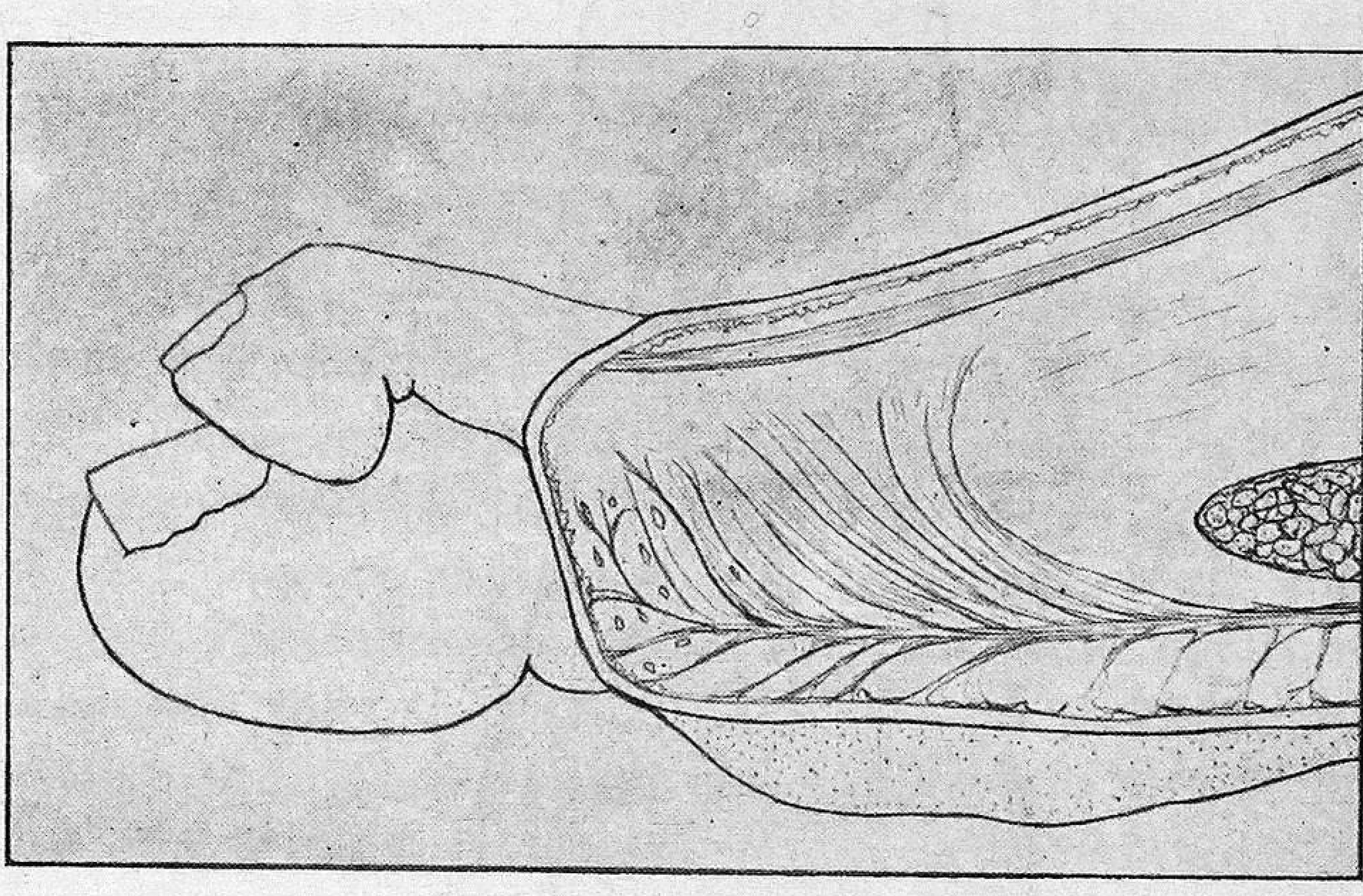


Fig. 26. — Porzione anteriore dell'aponeurosi tibiale nel piede di un uomo adulto. Sezione condotta tra il secondo ed il terzo dito lungo il 2º spazio intermetatarsale. I fascicoli più profondi delle linguette digitali si espandono sulle capsule articolari metatarso-falangee.

l'aponeurosi ed i più prossimi al calcagno sono situati medialmente nella zona di unione del terzo posteriore col terzo medio.

Tutti questi fascicoli si dividono e si suddividono ripetutamente in trabecole e lamelle le quali ulteriormente si riuniscono variamente tra di loro costituendo "cellule" fibrose più o meno complete. Queste cellule racchiudono lobuli di adipe con una certa pressione. Lo spessore delle lamelle fibrose è maggiore in corrispondenza della zona media del calcagno, nel margine laterale del piede e nella zona metatarsale della pianta che corrisponde al punto di appoggio anteriore, minima in corrispondenza dell'arco della pianta stessa.

In corrispondenza della zona di appoggio anteriore della pianta si nota che le lamine e le trabecole connettivali cutanee sono disposte secondo linee circolari concentriche le quali limitano cuscinetti imbottiti di lobuli di adipe (vedi fig. 27).

c) Fasci mediali. Questi fasci, che hanno più spesso la forma di nastri più o meno larghi, prendono origine dal margine mediale dell'aponeurosi tibiale, essi si portano lateralmente ed anterior-

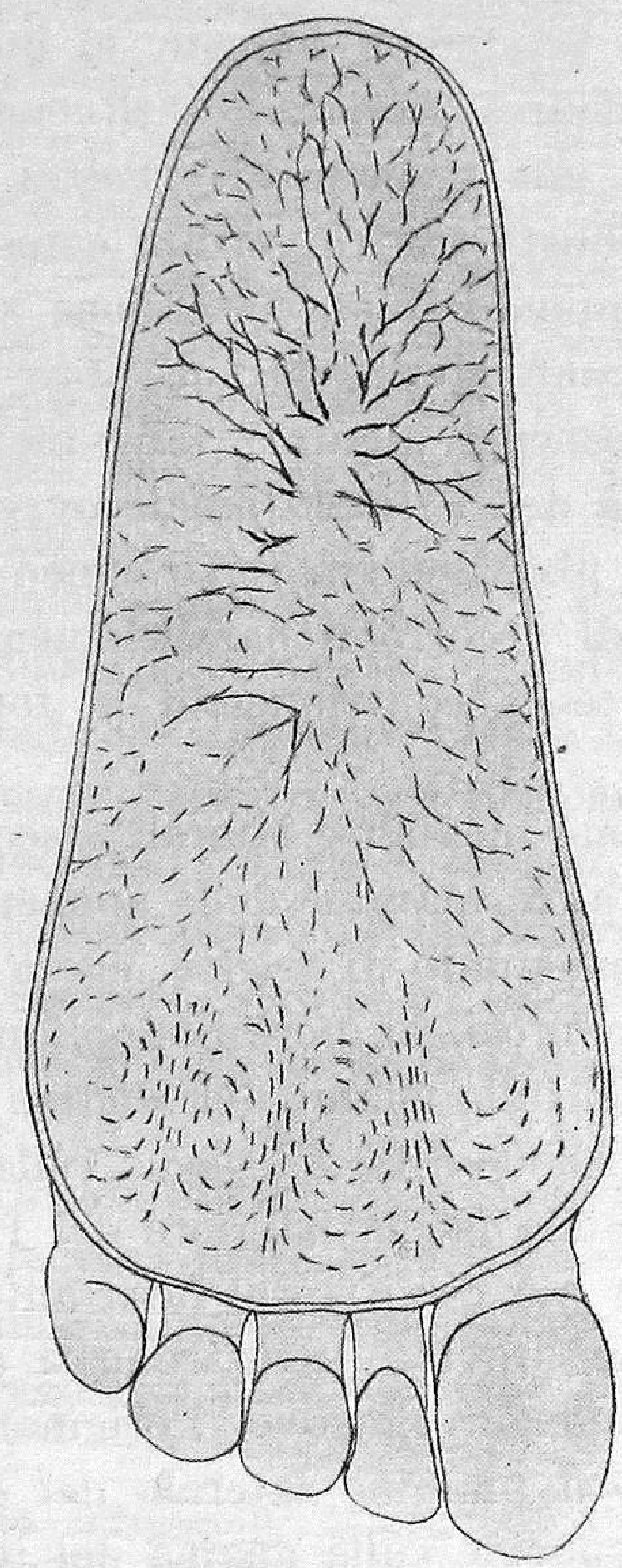


Fig. 27. — Disposizione delle trabecole fibrose che riuniscono la faccia superficiale dell'aponeurosi plantare alla cute della pianta del piede. Sezione parallela alla cute eseguita in un piede indurito in formalina. Si noti la caratteristica disposizione delle trabecole in corrispondenza del cuscinetto digito-plantare.

mente slargandosi in lamine sottili che si sperdono sulla faccia dorsale del piede. I fasci nastriformi che traggono origine dalla porzione anteriore del margine aponeurotico sono larghi e robusti, i fasci che traggono origine dalla porzione posteriore si suddividono, dopo breve tratto, in fasci cutanei che si sperdono nel derma

ed in fasci aponeurotici che si sperdono sulla fascia della regione malleolare interna.

d) Fasci laterali. Si originano generalmente dalla metà posteriore del margine laterale dell'aponeurosi tibiale. I più superficiali, come cordoni o come benderelle robuste, si portano lateralmente e si gettano sulla aponeurosi fibulare, costituendo «ponti» talvolta spessi e numerosi, tra una aponeurosi e l'altra.

Assai spesso un robusto nastro gettato come un ponte tra una aponeurosi e l'altra, prende solida inserzione sulla tuberosità del V° osso metatarsale confondendo le sue fibre con quelle, situate più profonde, dei ligamenti plantari tarso-metatarsei tesi tra il cuboide e la tuberosità del V° metatarsale ovvero con le fibre più lunghe del ligamento plantare trasverso cuneo III-metatarsale V°.

I fasci più profondi decorrono parallelamente al margine dell'aponeurosi tibiale stessa contribuendo a formare l'aponeurosi intermedia.

e) Fasci septali. Sono mediali e laterali a seconda che traggono origine dall'uno o dall'altro margine della aponeurosi tibiale. I fasci mediali, robusti, dal loro punto di origine, che è costituito dal margine mediale dell'aponeurosi, si portano obliquamente in avanti, al disotto dello scafoide, sulla guaina del tendine del muscolo tibiale posteriore e dei flessori delle dita del piede, sulla base del I° cuneiforme, sul margine e sulla faccia inferiore del I° osso metatarsale. I fasci posteriori sono più robusti dei fasci anteriori.

I fasci laterali, più brevi e meno robusti dei precedenti, dal margine laterale dell'aponeurosi, dove si originano, si portano obliquamente in avanti sul margine laterale del ligamento plantare lungo, al disotto del cuboide sulla guaina del tendine del muscolo peroniero lungo, sul margine laterale della faccia inferiore del IV° osso metatarsale. I fasci anteriori si dividono talvolta tra la faccia inferiore del IV° osso metatarsale e la faccia inferiore del V°.

I fasci anteriori che terminano in prossimità della testa del IV° osso metatarsale assumono intimi rapporti con l'estremità anteriore del fascicolo fibulare quando questo si spinge sino alla porzione anteriore di questo osso (vedi fig. 29 a pagina 465).

2. Aponeurosi fibulare.

a) Forma e struttura. Ha forma di nastro bianco e lucente teso tra il processo laterale della tuberosità del calcagno e la tuberosità del V° osso metatarsale. Spesso oltrepassa questo e si porta ante-

riormente nella porzione anteriore della pianta del piede. Risulta costituita essenzialmente da due fasci fibrosi disposti in modo da formare una doccia fibrosa. Dei suoi fasci costitutivi uno, nastriforme, che più frequentemente è il laterale (60 %) è più spesso e più lungo : è il fasciculus fibularis il quale, non assolutamente costante, ma presente nel maggior numero dei casi (90 %) raggiunge la testa del IV° osso metatarsale dopo di essere passato al disotto della linguetta del V° dito dell'aponeurosi tibiale. Distalmente questo fascio fibroso in parte si attacca alla capsula fibrosa della quarta articolazione metatarso falangea, in parte dà inserzione alla digitazione posteriore del capo trasverso del muscolo adduttore dell'alluce (LOTH, 1913).

Il fasciculus fibularis manca 10 volte su 100 osservazioni e la sua mancanza di solito è bilaterale, quando è presente però possiede spessore e lunghezza differente. Dalle mie osservazioni risulta che esso è brevissimo e delicato 3 su 100 casi ; breve, largo e delicato 37 volte su 100 casi ; lungo e robusto 50 volte su 100 casi. Questi miei dati concordano con quelli trovati da LOTH presso altre popolazioni. Secondo questo A. anzi la frequenza del fascicolo fibulare rappresenta un dato morfologico caratteristico delle varie popolazioni.

Allorchè il fascicolo fibulare rappresenta il fascio laterale dell'aponeurosi fibulare esso passa superiormente al fascio mediale e raggiunge la porzione laterale della pianta del piede descrivendo un largo arco. Spessissimo fibre arciformi lo legano al fascio mediale (vedi fig. 28).

b) Fasci cutanei. Traggono origine da tutta la faccia inferiore dell'aponeurosi fibulare, ma i più robusti, in numero di due o tre sono situati nel punto di unione del terzo posteriore col terzo medio. Di forma appiattita, impiantati secondo una linea diretta in senso antero-posteriore, pochi millimetri dopo l'origine, si dividono e si suddividono ripetutamente in trabecole e lamelle allo stesso modo dei simili fasci cutanei che si originano dall'aponeurosi tibiale. Le lamelle perciò si riuniscono tra di loro in vario modo costituendo "cellule" fibrose nelle quali sono contenuti lobuli di adipe in modica pressione. Le pareti di queste cellule si riuniscono con quelle dipendenti dai fasci cutanei originati dall'aponeurosi tibiale e talvolta, più specialmente nei piedi degli individui abituati a marciare a piedi nudi, formano lamine alquanto spesse, dirette

parallelamente all'aponeurosi tibiale, situate nello spessore della suola adiposa sottocalcaneare. Furono probabilmente queste lamine che da alcuni AA. (Roux, Anger) vennero interpretate come espan-

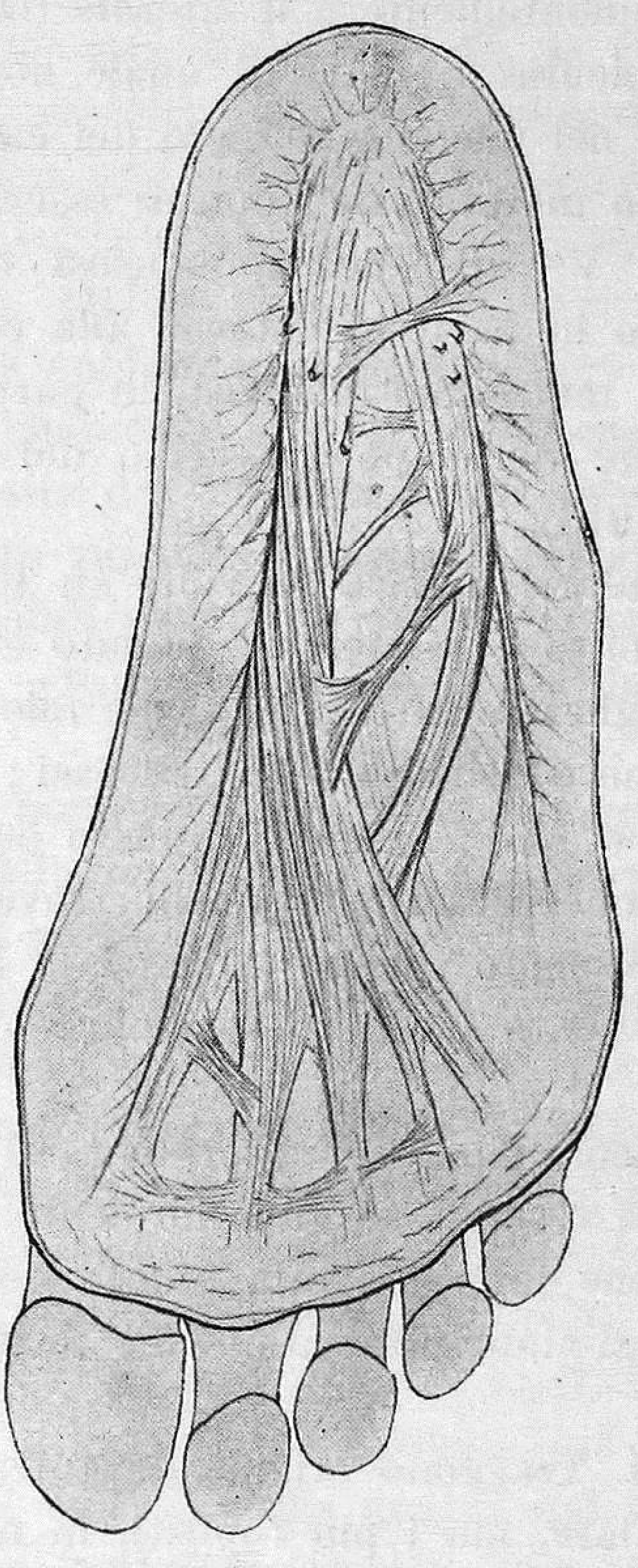


Fig. 28. — Aponeurosi plantare di un uomo adulto. Si noti la disposizione delle fibre che costituiscono l'aponeurosi tibiale (ritorte a corda) ed il fascicolo fibulare.

sioni sottocalcaneari del tendine di Achille. Fasci cutanei notevolmente spessi traggono origine dalla porzione posteriore del suo margine laterale.

c) Fasci mediali. Decorrono alcuni longitudinalmente, altri obliquamente. I fasci longitudinali si riuniscono con i laterali dell'aponeurosi tibiale e contribuiscono alla formazione dell'aponeurosi intermedia che colma lo spazio tra le due aponeurosi ; i fasci obliqui

si gettano sull'aponeurosi tibiale concorrendo alla formazione di quei ponti che limitano foveole ed occhielli situati al di sopra dell'aponeurosi intermedia (vedi fig. 28).

d) Fasci laterali. Si originano dal margine laterale ed hanno forma di nastri più specialmente quelli che traggono origine dalla porzione anteriore. Si portano anteriormente e lateralmente sulla guaina dei muscoli abduttore e flessore breve del V° dito e, raggiunto il margine laterale della pianta del piede si dividono in fascicoli cutanei che si liberano in seno all'adipe e raggiungono la cute soprastante, ed in fasci marginali i quali, dopo di avere circondato il margine del piede, passano e si sperdono sulla fascia dorsale.

e) Fasci septali. Traggono origine dal margine mediale dell'aponeurosi fibulare e si portano profondamente al solco laterale dell'aponeurosi plantare; insieme con i fasci septali laterali dell'aponeurosi tibiale raggiungono il margine laterale del ligamento plantare lungo, il retinaculum di questo, il margine laterale della faccia inferiore del IV° osso metatarsale: i fascicoli anteriori, col fasciculus fibularis, raggiungono la testa di questo osso.

I fasci affatto anteriori (porzione anteriore del fascicolo fibulare) talvolta si dividono in fasci superficiali e fasci profondi ed attraverso di essi si insinua la V° linguetta falangea dell'aponeurosi tibiale che va alla base del V° dito. Allor quando il fasciculus fibularis dà inserzione ad una digitazione del capo trasverso del muscolo adduttore dell'alluce, esso si divide distalmente a V, per accogliere i fascetti muscolari i quali vi si impiantano a guisa di barbe di penna.

IV. — Considerazioni sul significato funzionale.

Dalla descrizione precedente risulta dunque che l'aponeurosi plantare, tesa come una lamina fibrosa al disotto dei muscoli che sono situati sotto la vôlta del piede, è costituita essenzialmente da due robusti nastri fibrosi, l'uno mediale e l'altro laterale, i quali assolvono il compito meccanico di legare, come corde di archi, i pilastri della vôlta osteofibrosa del piede. Risulta inoltre che il nastro mediale, che è il più robusto, l'aponeurosi tibiale, è teso tra il processo mediale della tuberosità del calcagno da una parte

e le teste delle ossa metatarsali dall'altra, mentre che il nastro laterale, che è il più breve, l'aponeurosi fibulare, è teso principalmente tra il processo laterale del calcagno e la tuberosità del V° osso metatarsale e secondariamente tra questa e la testa del IV° osso metatarsale (vedi fig. 29).

Ciascuno di questi nastri fibrosi però risulta costituito alla sua volta da elementi o corde secondarie il cui valore meccanico nell'assicurare la stabilità della volta plantare è differente. Infatti l'aponeurosi tibiale risulta costituita da cinque corde secondarie delle quali le prime tre soltanto sono realmente tese come corde tra il calcagno e le teste delle prime tre ossa metatarsali, mentre che le ultime due raggiungono le teste delle due ultime due ossa metatarsali dopo un decorso obliquo. Queste due ultime corde dunque posseggono una lunghezza maggiore della distanza dei punti cui sono legate e non possono perciò agire come le altre corde ed opporsi ai movimenti dei pilastri dell'arcata allor quando questa è caricata ed il carico esercita su di essa una azione deformante. Queste corde esplicheranno una funzione utile allor quando la distanza dei pilastri, per effetto della deformazione della volta, sarà aumentata in tal modo da raggiungere la loro lunghezza.

L'aponeurosi tibiale dunque esplica la sua funzione di contenzione essenzialmente tra il calcagno e le prime tre ossa metatarsali, cioè al disotto dell'arcata dell'alluce, o arcata scafoidea (1) perchè lega alla stessa maniera al pilastro posteriore del piede gli elementi distali dei raggi osteo-fibrosi che costituiscono l'arcata stessa e secondariamente, in particolari condizioni funzionali del piede, esplica una funzione utile in rapporto all'arcata del piccolo dito, o arcata cuboidea.

Henle paragonò lo scheletro del piede alla figura di un ventaglio le cui aste al margine anteriore arciforme formato dalle teste delle ossa metatarsali stanno l'una accanto all'altra, mentre col loro estremo posteriore dato dall'astragalo e dal calcagno si dispongono l'una sull'altra. Un'asta viene formata dall'astragalo, dallo scafoide, dalle tre ossa cuneiformi e

---

(1) Le due arcate del piede hanno come " chiavi di vôlta " l'una lo scafoide, l'altra il cuboide e possono perciò essere indicate col nome di queste due ossa piuttosto che con quelle delle dita estreme le quali rappresentano semplici pilastri dell'appoggio anteriore.

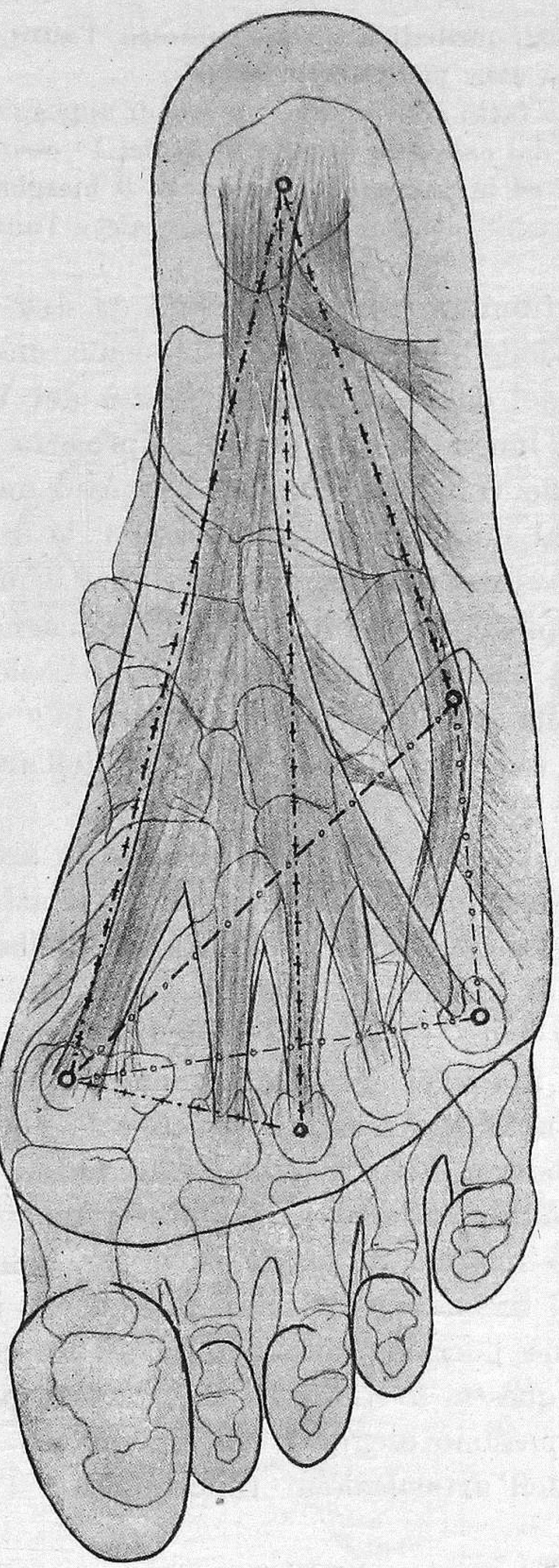


Fig. 29. — Aponeurosi plantare e sue inserzioni sugli elementi dello scheletro del piede. Il triangolo inscritto tra il calcagno, la testa del I° osso metatarsale e la tuberosità del V°, limita la porzione « inestensibile » della pianta del piede durante l'appoggio ed il carico. Il triangolo segnato anteriormente a questo, che raggiunge con un angolo la testa del V° metatarsale, comprende, lateralmente, la porzione « mobile ».

dalle ossa metatarsali mediali a queste annesse, l'altra dal calcagno, dal cuboide e dalle due ossa metatarsali laterali.

Chiarugi ha già fatto rilevare che i punti di appoggio della volta plantare, rappresentati dal calcagno e dalla testa del 1° osso metatarsale, sono pressochè immobili ed invariabili, e così anche il margine mediale, mentre molto mobili e variabili sono il margine laterale e l'anteriore.

L'aponeurosi fibulare risulta costituita da due corde secondarie di diversa estensione: una breve, tesa come una corda di arco dalla tuberosità del calcagno alla tuberosità del V° osso metatarsale, un'altra più lunga, che da questa si proietta in avanti e raggiunge, il più delle volte, la testa del IV° osso metatarsale.

Considerate dal punto di vista meccanico, le due corde che costituiscono l'aponeurosi fibulare legano: l'una il pilastro posteriore della volta del piede, rappresentato dal calcagno, alla porzione prossimale di un elemento dell'arcata del piccolo dito, l'altra il pilastro stesso alla estremità anteriore del IV° osso metatarsale che rappresenta uno dei pilastri anteriori dell'arcata del piccolo dito (vedi fig. 30).

I sistemi di corde dunque che vincolano le arcate osteo-fibrose della vôlta plantare, pur avendo un punto di attacco in comune, esplicano la loro azione su due campi distinti della vôlta del piede, cioè a dire, l'uno sull'arcata scafoidea, l'altro sull'arcata cuboidea.

Confrontando però l'uno con l'altro sistema e paragonando l'azione durante il carico del piede nell'appoggio durante la stazione eretta, si nota che esistono tra di esse notevoli differenze.

Il primo sistema costituito dalle corde tibiali lega realmente i pilastri dell'arcata dell'alluce e ne limita i movimenti in diretto rapporto col suo modulo di elasticità e per quanto permette la sua resistenza, il secondo, costituito dalle corde fibulari, limita i movimenti di una porzione soltanto dell'arcata cuboidea. Gli elementi distali di questa, le due ossa metatarsali, perchè non direttamente legate, possono eseguire dei movimenti facendo asse in corrispondenza dell' articolazione tibio-tarsica: l' articolazione di Lisfranc.

Considerata dal punto di vista funzionale perciò l'articolazione di Lisfranc possiede mobilità differente in corrispondenza delle due arcate del piede (vedi fig. 31).

I movimenti che possono eseguire, ed eseguono realmente, gli elementi scheletrici distali dell'arcata cuboidea conferiscono una

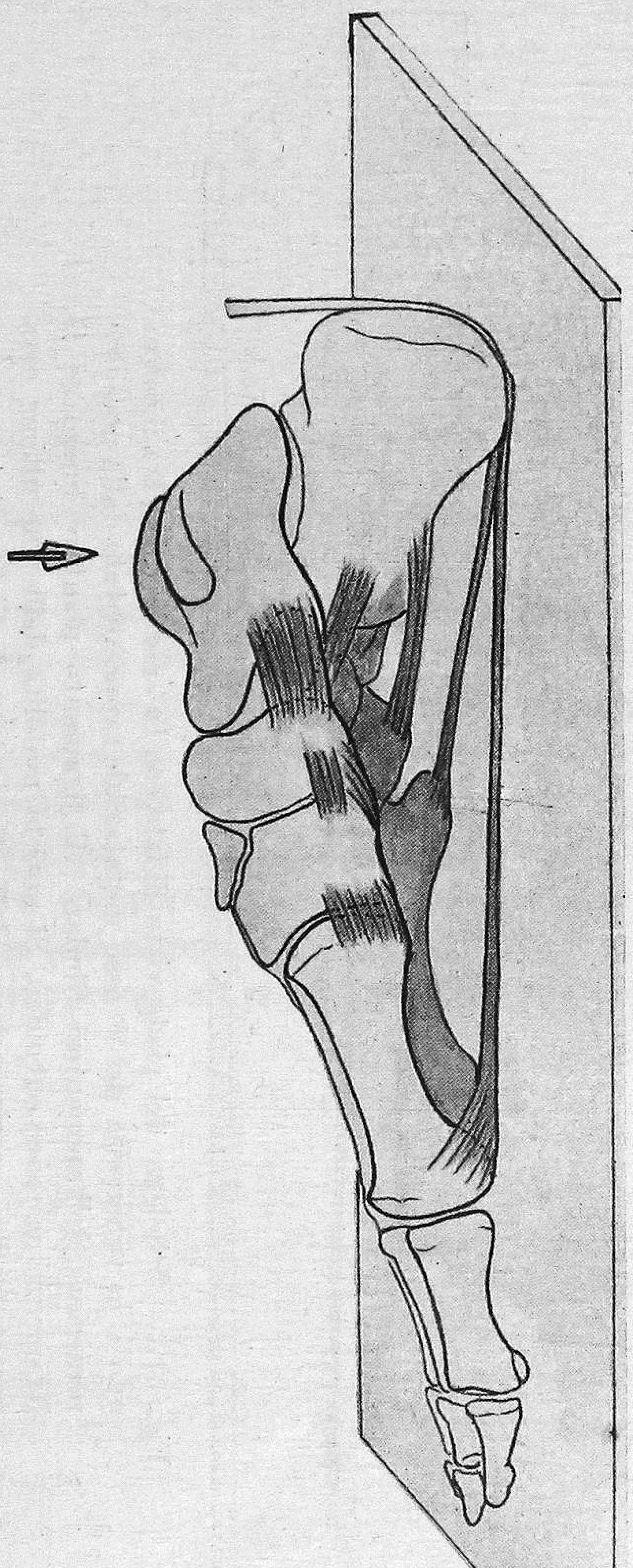


Fig. 30. — Scheletro del piede visto dal lato mediale con le due « corde » principali (appartenenti all'aponeurosi tibiale ed all'aponeurosi fibulare rispettivamente) che legano il calcagno ai punti fissi della vôlta. Nella figura vennero indicati anche il ligamento plantare lungo, il ligamento calcaneo-scafoideo ed alcuni ligamenti tarso-metatarsei.

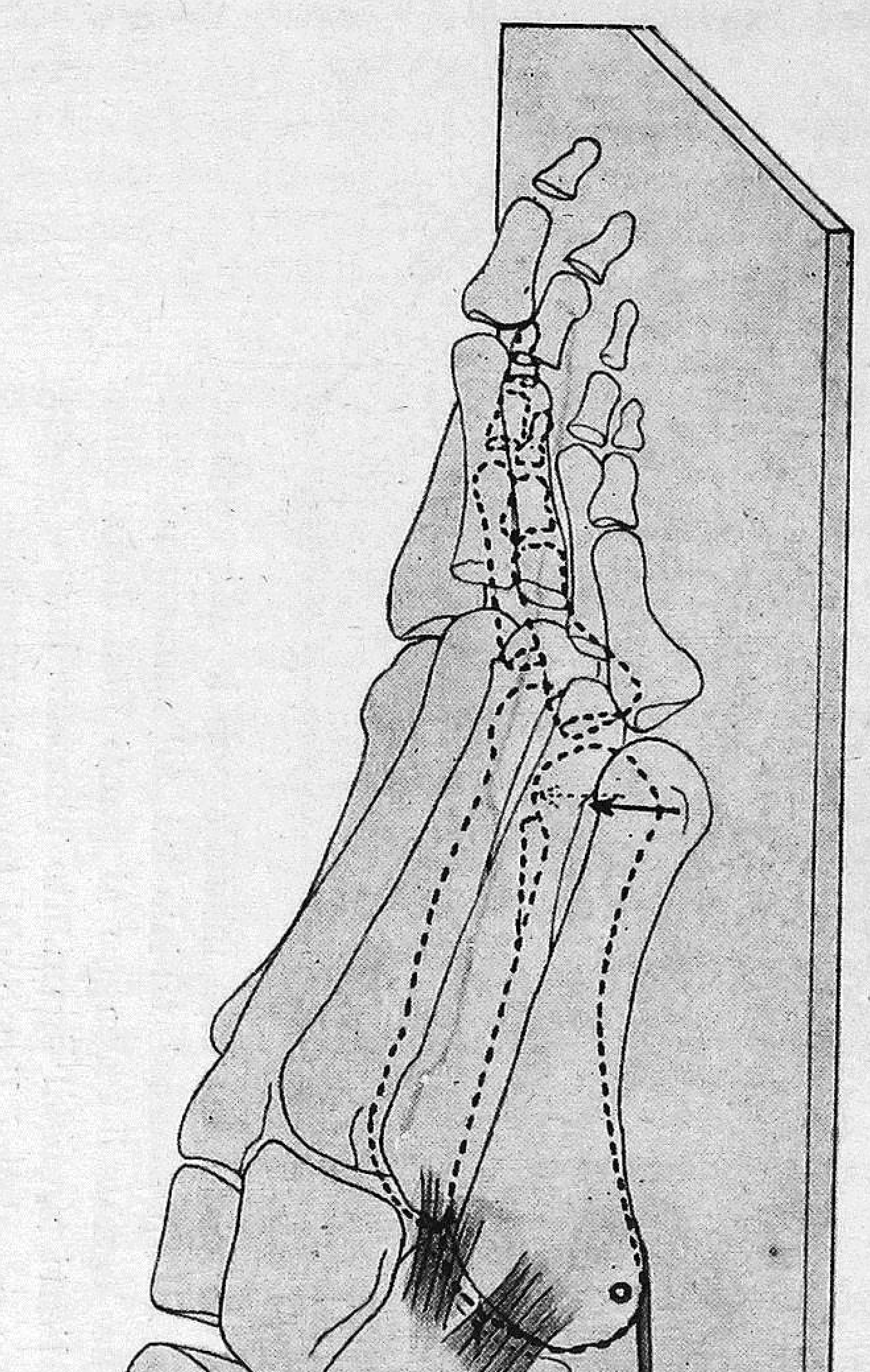


Fig. 31. — Scheletro del piede visto di lato con la « corda » tesa tra il calcagno e la tuberosità del V° osso metatarsale rappresentata dalla porzione posteriore dell'aponeurosi fibulare ; il ligamento plantare lungo ed il ligamento calcaneo-cuboideo. Si noti la mobilità delle due ultime ossa metatarsali in corrispondenza dell'articolazione di Lisfranc.

speciale mobilità alla porzione laterale della zona di appoggio anteriore della pianta del piede, mobilità che si rende manifesta ed utile nell'appoggio su piano disuguale. Essa assicura l'aderenza continua della pianta del piede al terreno accidentato, ne costituisce un molleggio di riserva durante la marcia e durante la corsa, specialmente quando le arcate sono sovraccaricate.

Meyer ha fatto già osservare che il piede è un complesso di diversi apparati adatti alle differenti capacità di prestazione funzionale, nelle quali gli stessi elementi vengono, secondo il bisogno, utilizzati in diverso aggruppamento.

La funzione delle corde fibrose plantari viene validamente coadiuvata dalla funzione dei setti, che, dalla faccia profonda dell'aponeurosi plantare, raggiungono la faccia inferiore della vôlta osteo-fibrosa del piede. Questi setti che, rinforzati dai fasci septali delle due aponeurosi, rappresentano validissimi vincoli tesi tra il pilastro posteriore delle arcate del piede, il calcagno, ed i varii elementi scheletrici costitutivi delle arcate stesse, connettono l'aponeurosi plantare con i ligamenti interossei, con le capsule fibrose articolari e col periostio dello scheletro e rendono perciò solidale l'azione dei due complicati sistemi di tiranti superficiali con i tiranti profondi rappresentati dai ligamenti interossei.

CONCLUSIONI

1°. L'aponeurosi plantare, tesa come una spessa fascia al disotto dei muscoli della pianta del piede, nel feto, come nell'uomo adulto, risulta costituita da due nastri fibrosi, spessi e resistenti, l'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare, i quali ricoprono l'uno i muscoli della loggia media, l'altro, in gran parte, i muscoli della loggia laterale del piede.

2°. L'aponeurosi tibiale, spessa nella sua metà posteriore, sino a 2-2,2 mm., è più sottile anteriormente dove, di solito, non oltrepassa 1,2 mm. di spessore: nella porzione anteriore si divide in cinque linguette secondarie.

3°. L'aponeurosi fibulare, meno spessa dell'aponeurosi tibiale, nella sua porzione posteriore raggiunge 1 mm. di spessore. Sottile nel feto, diviene sempre più spessa e si estende sempre più anteriormente col crescere dell'età.

4°. Nell'uomo adulto, l'aponeurosi tibiale dei Sardi, possiede un indice di 66,7, poco meno perciò dell'indice medio europeo indicato da Loth. Il fascicolo fibulare, per quanto variamente esteso, è presente 90 volte su 100.

5°. Aponeurosi tibiale ed aponeurosi fibulare posseggono fasci fibrosi diretti alla cute i quali si espandono e si dispongono in maniera da costituire involucri fibrosi resistenti intorno ai lobuli di adipe della pianta del piede. Caratteristica è la disposizione di essi nella porzione anteriore della pianta dove costituiscono, nello spessore del cuscinetto digito-plantare campi limitati da setti disposti concentricamente.

6°. I fasci cutanei più robusti si sollevano, dalla faccia superficiale delle due aponeurosi secondo linee oblique che sono situate tra la zona calcaneare e la porzione media di esse.

7°. I fasci laterali che traggono origine dai margini delle due aponeurosi sono variamente estesi e disposti e variabili da soggetto a soggetto.

8°. Il setto laterale, per quanto riguarda le sue inserzioni allo scheletro del piede, presenta maggiori varietà del setto mediale.

9°. Le cinque linguette dell'aponeurosi tibiale, anteriormente raggiungono le capsule fibrose delle cinque articolazioni metatarsofalangee e si connettono inoltre col ligamento trasverso.

10° Il fascicolo fibulare, almeno 50 volte su 100, raggiunge la testa del IV° osso metatarsale e dà inserzione ad una digitazione del capo trasverso del muscolo adduttore dell'alluce.

11°. Riguardo alla funzione, l'aponeurosi tibiale, con le prime tre linguette contiene solidamente le escursioni in avanti delle teste delle prime tre ossa metatarsali e rende perciò presso a che immobile l'arcata osteo-fibrosa scafoidea o dell'alluce.

12°. Le due linguette laterali dell'aponeurosi tibiale e l'aponeurosi fibulare, per la loro disposizione, non sono adatte ad immobilizzare completamente l'arcata cuboidea o del piccolo dito, così che le due ossa metatarsali di questo posseggono la proprietà di muoversi in corrispondenza dell'articolazione tarso-metatarsica. Questa loro proprietà si manifesta con una particolare mobilità della porzione laterale della zona di appoggio anteriore della pianta del piede, mobilità utile e necessaria che permette a questo, durante la marcia e durante la corsa la costante aderenza sul terreno disuguale.

INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE.

Albert E.: Die Architektur des menschlichen Fersenbeines. Wiener med. Presse, I, 1900. — **Albini Bernardi Siegfriedi**: Historia musculorum hominis. Francofurti et Lipsiae, 1784. — **Antonelli**: 1891 (vedi **Rüdinger**). — **Bayle A. L. I.**: Trattato elementare di Anatomia descrittiva. Trad. Alberti F. A., A. Pellerano, Napoli, 1862. — **Barco P.**: Sopra alcune particolarità di disposizione della fascia plantare. Policlinico, 30 Ch., 1923. — **Bartolini Caspari**: Anatome. Huguetan J. A. Lugduni, 1677. — **Charpy A.**: La voute du pied. Études d'anatomie appliquée. Paris, 1892. — **Chiarugi G.**: Istituzioni di Anatomia dell'uomo. Soc. Ed. Libr., Milano, 1924. — **Deroque**: Description anatomique de l'aponévrose plantaire. Rev. d'orthopédie. An. 5, 1894. — **Engel J.**: Compendium der topographischen Anatomie. Wien, 1859. — **Fick R.**: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. G. Fischer, Jena, 1904, 1910, 1911. — **Galeno C.**: 168 d. C. (vedi **Oribasio**). — **Gray H.**: Anatomy descriptive and surgical. London, 1864. — **Gegenbaur**: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 1901. — **Henle F.**: Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Braunschweig, 1871. — **Henkel A.**: Die Aponeurosis plantaris. Arch. f. Anat. u. Physiol. Suppl., 1913. — **Hildebrandt G. F.**: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Braunschweig, 1789. — **Hyrtl J.**: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Wien, 1889. — **Krause G. F. T.**: Handbuch der menschlichen Anatomie. Leipzig, 1906. — **Kopsch F. R.**: Raubers Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Leipzig, 1906. — **Leboucq H.**: Les muscles adducteurs du pouce et du gros orteil. Bull. de l'Acad. royal de médecine de Belgique, 1893. — **Ledderhose G.**: Zur Pathologie der Aponeurose des Fusses und der Hand. Langenbeckes Archiv, 15. — **Loth E.**: Die Plantaraponeurose beim Menschen und den übrigen primaten. Korr. Bl. d. deutsch. Anthrop. Ges., 1907. — **Id.**: Die Aponeurosis plantaris in der primatenreihe mit spezieller Berücksichtigung des Menschen. Morphol. Jahr., 38, 1908. — **Id.**: Dzisiejszy stanwiedzy o filogenii stopy ludzkiej. Spraw. Tow. Nauk. Warsz. (C. R. Soc. sc. Varsovie, 1909). — **Id.**: Étude anthropologique sur l'aponévrose plantaire. Bull. et Mem. Soc. d'Anthrop. de Paris, 1913. — **Id.**: Zur Anthropologia der Plantaraponeurose. Morphol. Jahr., 48, I, 1914. — **Id.**: Diskussion mit Herrn Alfred Henkel bezüglich seiner Publication « Die Aponeurosis plantaris ». Anat. Anz., 46, 1914. — **Maslieurat-Lagémard**: De l'anatomie descriptive et chirurgicale des aponévrose et des synoviales du pied. Gaz. Med. de Paris, 1840. — **Meckel v. J. F.**: Handbuch der menschlichen Anatomie. Halle u. Berlin, 1816. — **Merkel F.**: Trattato di Anatomia topografica. Trad. G. Sperino. Unione Tip. Edit. Torinese, 1909. — **Meyer v. H.**: Statik und Mechanik des menschlichen Fusses. Jena, 1886. — **Mortara E.**: Lezioni di anatomia topografica. Galli G., Milano, 1880. — **Masse J. N.**: Petit atlas complet d'anatomie descriptive du corp humain. F. Savy, Paris, 1873. — **Oribasii**: Anatomica ex libris

Galeni cum versione latina Joannis Baptistae Rasarii, curante G. Dundass. Langerack J. A. Lugduni Batavorum, 1735. — **Palfin J.**: Anatomie du corps humain. Guil. Cavelier, Paris, 1726. — **Poirier P.** et **Charpy A.**: Traité d'anatomie humaine. Masson et C. Paris, 1901. — **Rasumowsky W.**: Beitrag zur Architektonik des Fusskeletes. Intern. Monatschr. f. Anat. u. Physiol., 6, 1889. — **Richet A.**: Traité pratique d'Anatomie médico-chirurgicale. Lauwereyns, Paris, 1873. — **Rüdinger N.** e **Antonelli G.**: Corso di Anatomia topografica. Vallardi F., Milano, 1891. — **Seymour Sewall R. B.**: A study of the astragalus. Journ. of Anat. and Physiol., 38, 39, 40. — **Sobotta J. A.**: Deskriptive Anatomie. Lehmanns medizinische Atlanten. München, 1904. — **Spalteholz W.**: Handatlas der Anatomie des Menschen. Leipzig, 1904. — **Tillaux P.**: Traité d'Anatomie topografique. Asselin et C., Paris, 1882. — **Told C.**: Lehrbuch der systematischen und topographischen Anatomie. Wien und Leipzig, 1897. — **Id.**: Anatomischer Atlas. Wien, 1903. — **Verheyen Ph.**: Corporis humani anatomiae. Fel. Mosca, Neapolim, 1717. **Vesalii A.**: De humani corporis fabrica. Basileae, 1543. — **Veslingii J.**: Syntagma anatomicum commentario atque appendice ex veterum recentiorum propriisque observationibus illustratum. Patavii, 1677. — **Zuckerkandl-Heizmann**: Deskriptive und topographische Anatomie. Wien, 1902.
